

技術番号 BR020042

技術名 PCグラウト充填を確認する超音波パルスエコー法

開発者名 川田テクノロジーズ株式会社

試験日 令和6年 1 月 25 日

天候 晴れ

気温 - °C

風速 - m/s

試験場所 国総研 部材保管庫

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 PCグラウト未充填

試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

・PCグラウト未充填を模擬した供試体にて、未充填箇所を検出した。(写真-1~4)



写真-1: D-2供試体(起点)

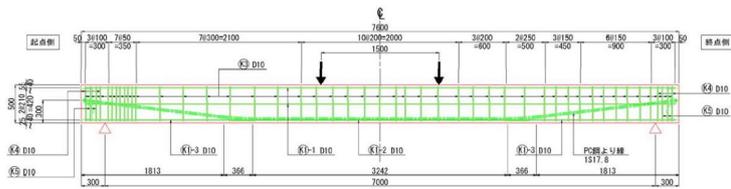


図-1: D-2供試体 側面図



写真-2: D-2供試体(終点)

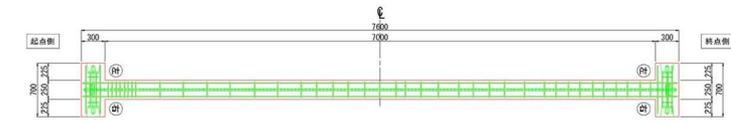


図-2: D-2供試体 平面図



写真-3: D-4供試体(起点)

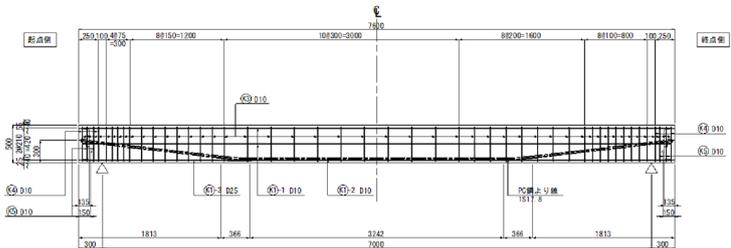


図-3: D-4供試体 側面図



写真-4: D-4供試体(終点)

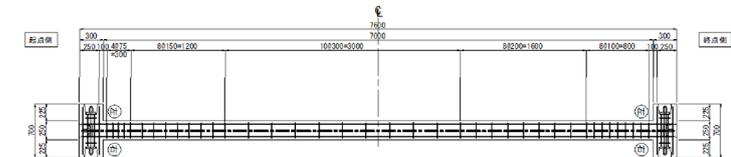


図-4: D-4供試体 平面図

①	計測対象のPC桁面の縦方向200mmピッチでチョーキング、横方向100mmピッチでマスキングテープを貼り、電磁波探査器によるシースや鉄筋位置探査のための準備を行う(写真-6)。
②	電磁波探査器(小)により、縦方向および横方向を100mmピッチでスキャンし、PC桁におけるシースと鉄筋位置や深さの探査を実施する。探査結果はARマーカを基準点とし3次元処理され、タブレットでシースと鉄筋位置の可視化表示ができる(写真-7~9)。
③	シースと鉄筋位置の可視化表示を基に、シースの方向に沿って測定目盛りが刻まれたARテープを貼る(写真-10)。
④	超音波パルスエコーを使用しコンクリート中の反射波の大きさと位相からシース内の充填状況を推定する。パルスエコーの探触子がコンクリート面に密着するように押し当てる(写真-11)。
⑤	後日、取得した計測データより、PCグラウト未充填の有無、未充填範囲を検出する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 使用機器

- ①電磁波探査器(大)
- ②電磁波探査器(小)
- ③ARマーカ
- ④ARテープ
- ⑤超音波パルスエコー
- ⑥タブレット



※幅0.6m、重量2kg程度
探触子より超音波パルスを
発信、反射波を受信

※電磁波探査器によるシースや鉄筋位置の探査について

- ①電磁波探査器(小)は主に桁高1.4m以下の桁で使用、スキャンは100mmピッチで行う。
- ②電磁波探査器(大)は主に桁高1.4m以上の桁で使用、スキャンは300mmピッチで行う。



写真-5 使用機器



写真-6 電磁波探査器
探査のための準備



写真-7 電磁波探査器(小)
によるシース、鉄筋位置の探査



写真-8 ARマーカを
基準点とし3次元処理



写真-9 可視化画像より
桁ヘシース位置をチョーキング

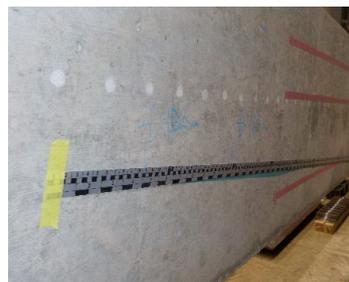


写真-10 シースの方向に
沿ってARテープ貼り付け

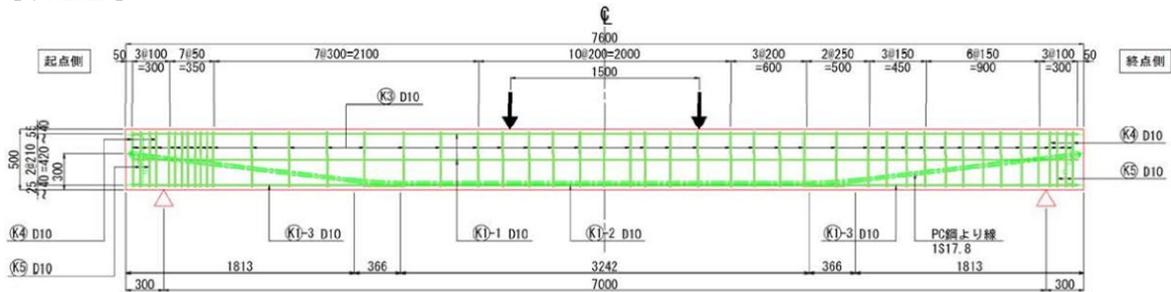


写真-11 ARテープに沿って
超音波パルスエコーによる計測

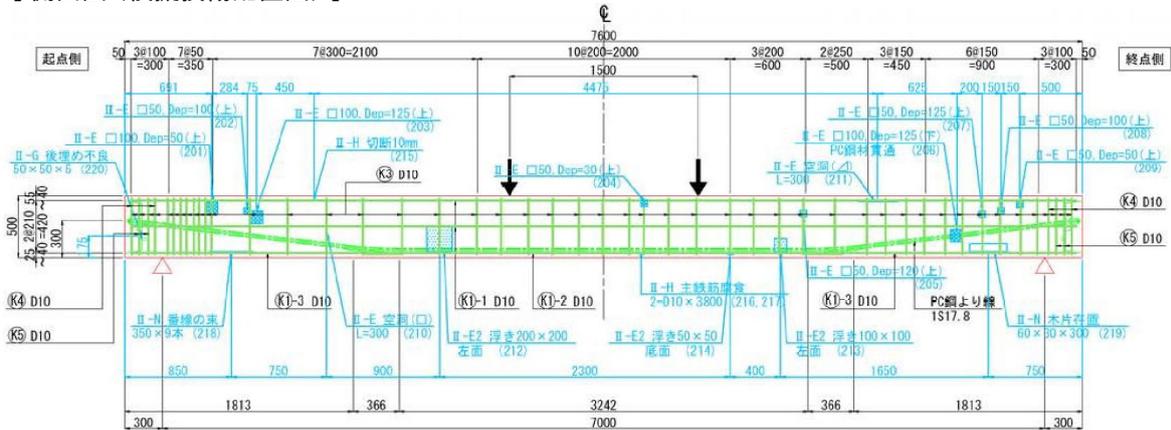
※計測精度

D-2供試体

[側面図]



[側面図 (模擬損傷配置図)]



[グラウト未充填範囲図]

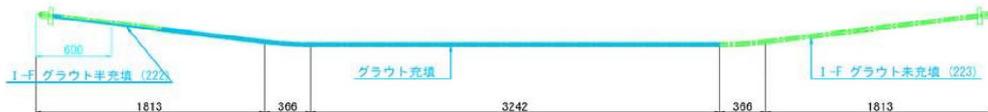


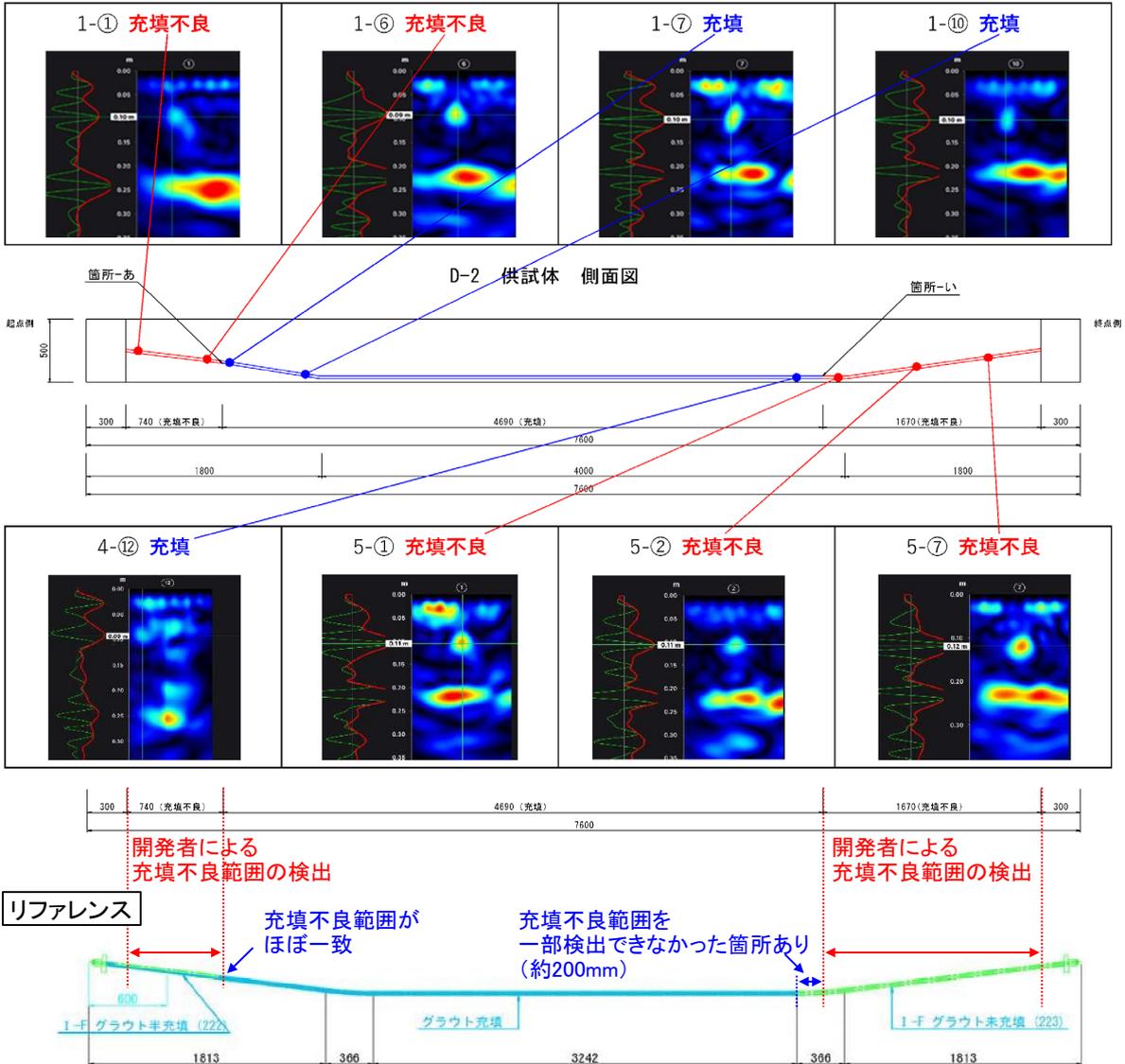
図-5:D-2供試体 グラウト未充填範囲図

※計測精度

D-2供試体 計測結果

開発者

起点側に740mm程度、終点側に1670mm程度の充填不良範囲を確認(桁端300mm範囲を除く)



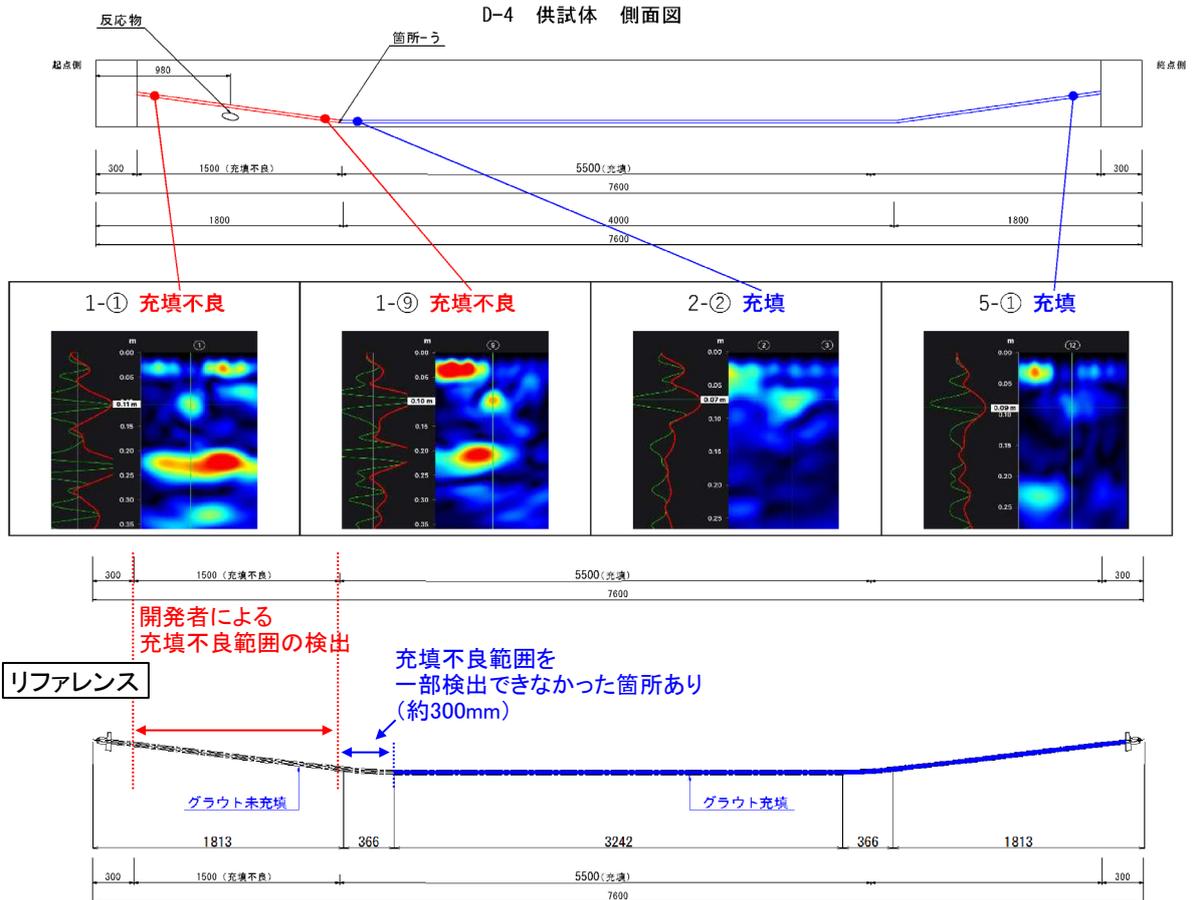
開発者による計測結果をリファレンスのグラウト充填不良範囲と比較した結果、
起点側はほぼ一致、終点側で200mm程充填不良範囲を検出できなかった箇所あり

※計測精度

D-4供試体 計測結果

開発者

起点側に1500mm程度の充填不良区間を確認(桁端300mm範囲を除く)



開発者による計測結果をリファレンスのグラウト充填不良範囲と比較した結果、
300mm程充填不良範囲を検出できなかった箇所あり

供試体	検出率 (検出正解個数/異常の正解個数)		的中率 (的中正解個数/異常の正解個数)	
	D-2	2箇所/2箇所	1.00	1箇所/2箇所
D-4	1箇所/1箇所	1.00	0箇所/1箇所	0.00
合計	3箇所/3箇所	1.00	1箇所/3箇所	0.33

技術番号 BR020043

技術名 蛍光X線分析法・拡張現実技術を融合したコンクリート塩分濃度調査法

開発者名 株式会社XMAT

試験日 令和5年 12月 1日

天候 晴れ

気温 20.4 °C

風速 2.8 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

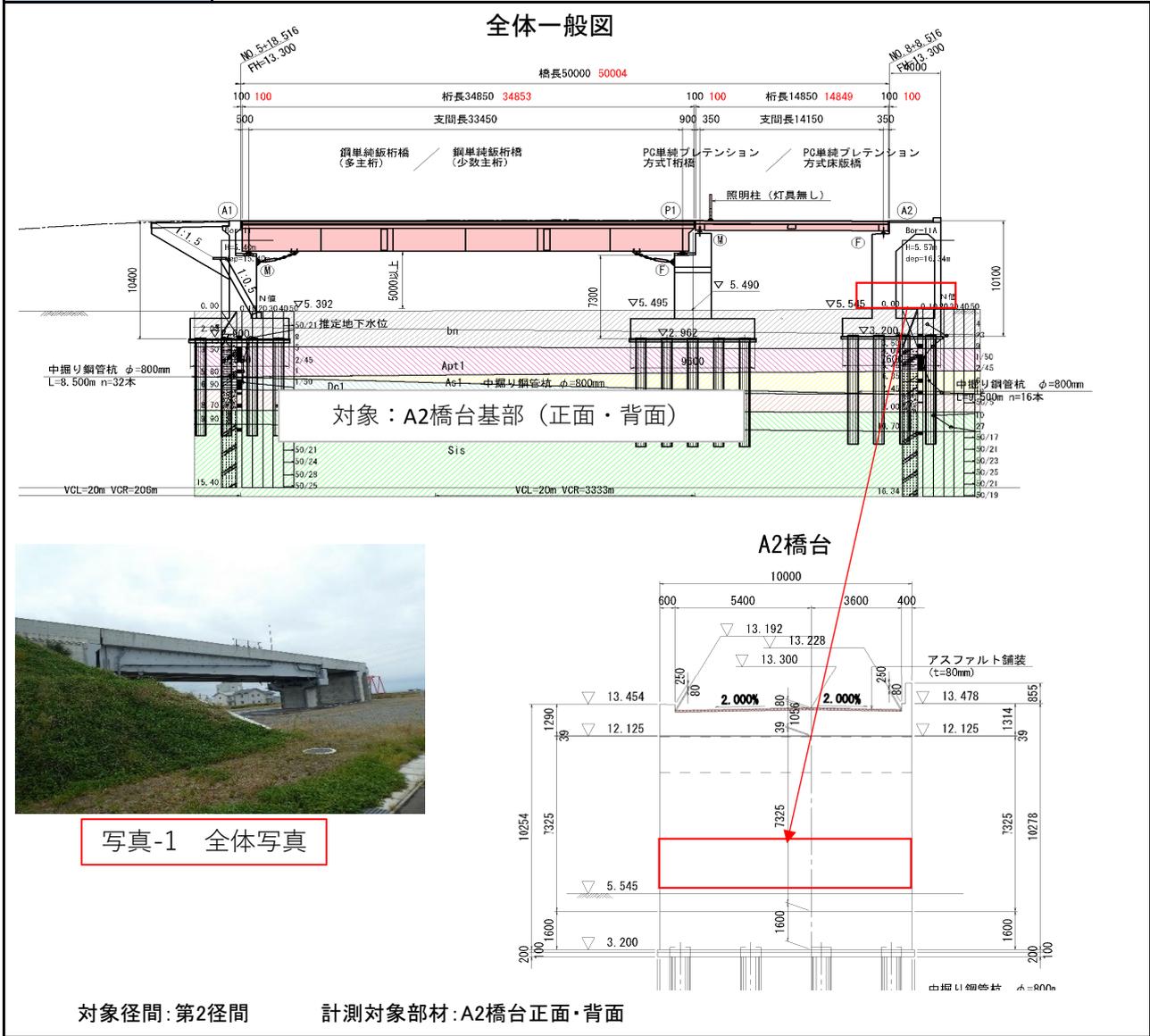
カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 塩化物イオン濃度

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要



- ① 機器の搬入(ウェアラブルグラス、PCタブレット、ハンドヘルド型蛍光X線分析計)(写真-2)
- ② QRの設置(左:A2橋台背面、右:A2竖壁正面)(写真-3)
- ③ 測定状況:ハンドヘルド型蛍光X線分析計で測定(A2橋台背面)(写真-4)
- ④ 撮影状況:レーザーポインタで測定位置を指示、レーザーポインタで指示された場所に蛍光X線計で塩分濃度を測定(A2橋台前面)(写真-5)
- ⑤ 表面塩分濃度測定結果。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2

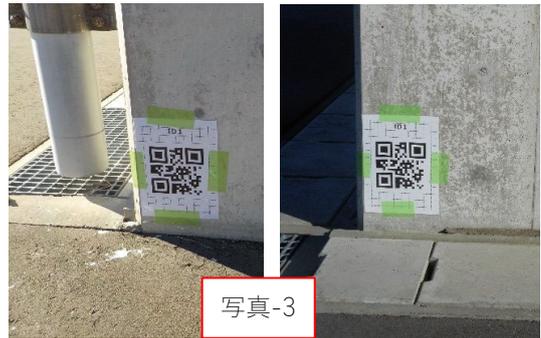


写真-3



写真-4

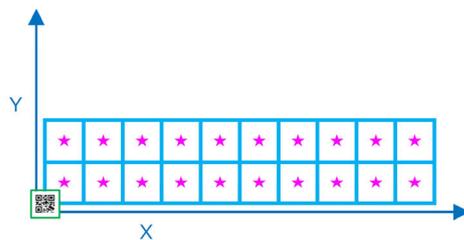
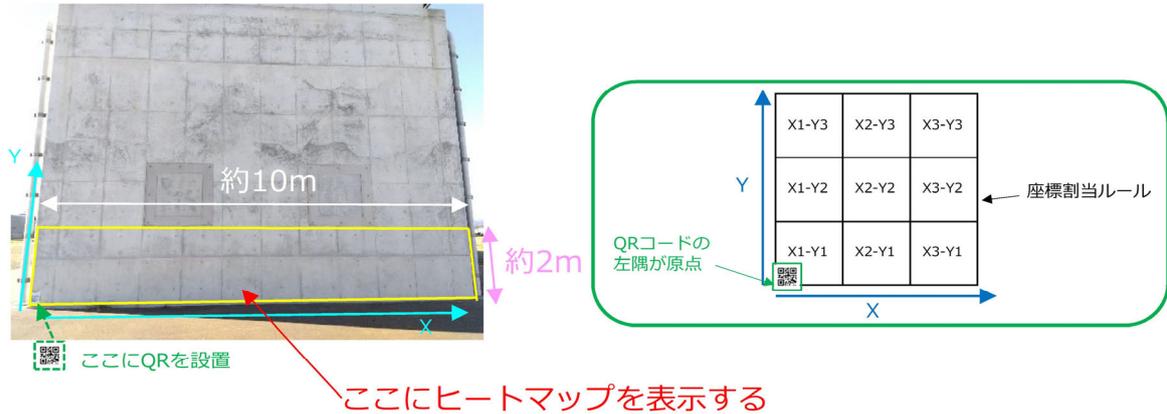


写真-5

※計測結果

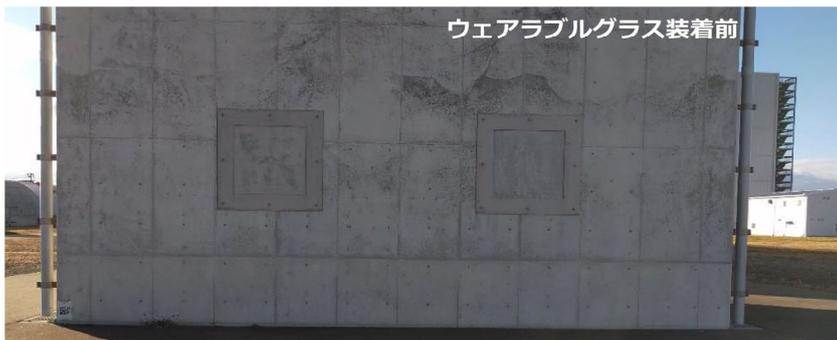
①A2橋台背面(海側)

■測定時間:17分48秒 ■測定点数:20箇所 ■1測定点あたりの時間=53.4sec/点



グリッドサイズ1m
X方向：10区画
Y方向：1区画

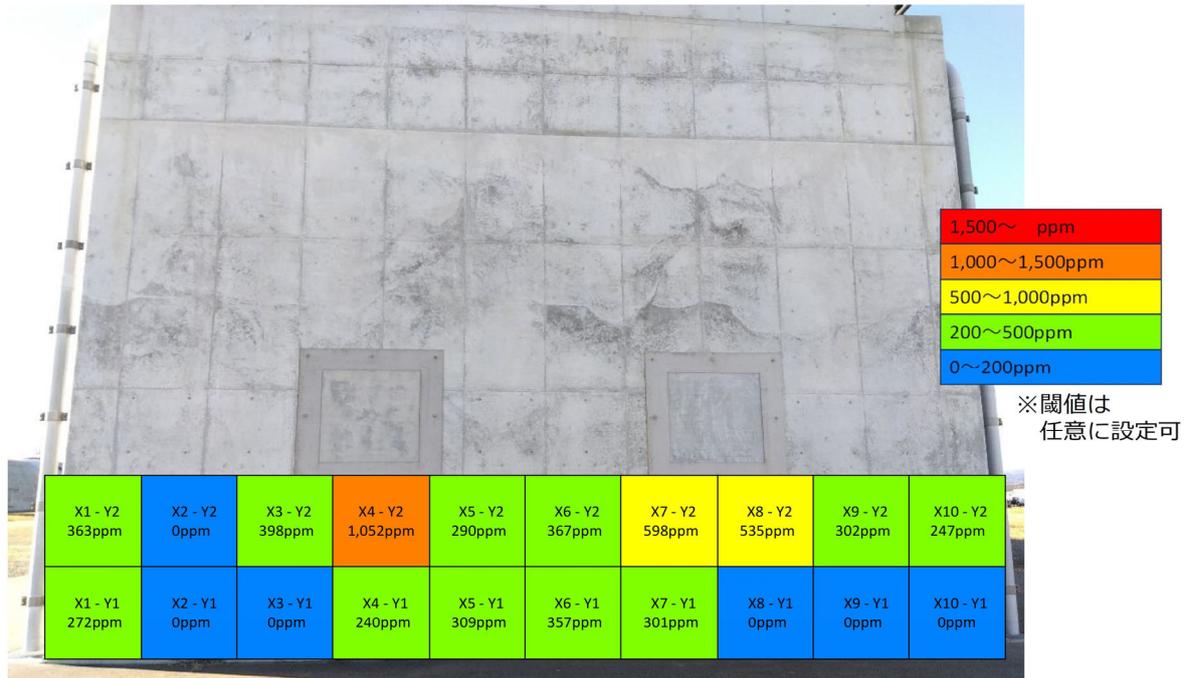
表面塩分濃度測定結果(Microsoft HoloLens 2での可視化) (測定単位：ppm)



1,500～	ppm
1,000～1,500	ppm
500～1,000	ppm
200～500	ppm
0～200	ppm

※閾値は
任意に設定可

表面塩分濃度測定結果（測定単位：ppm）



[参考]イオンクロマトグラフ計測値(横軸)と蛍光X線分析装置計測値(縦軸)の相関

採用式

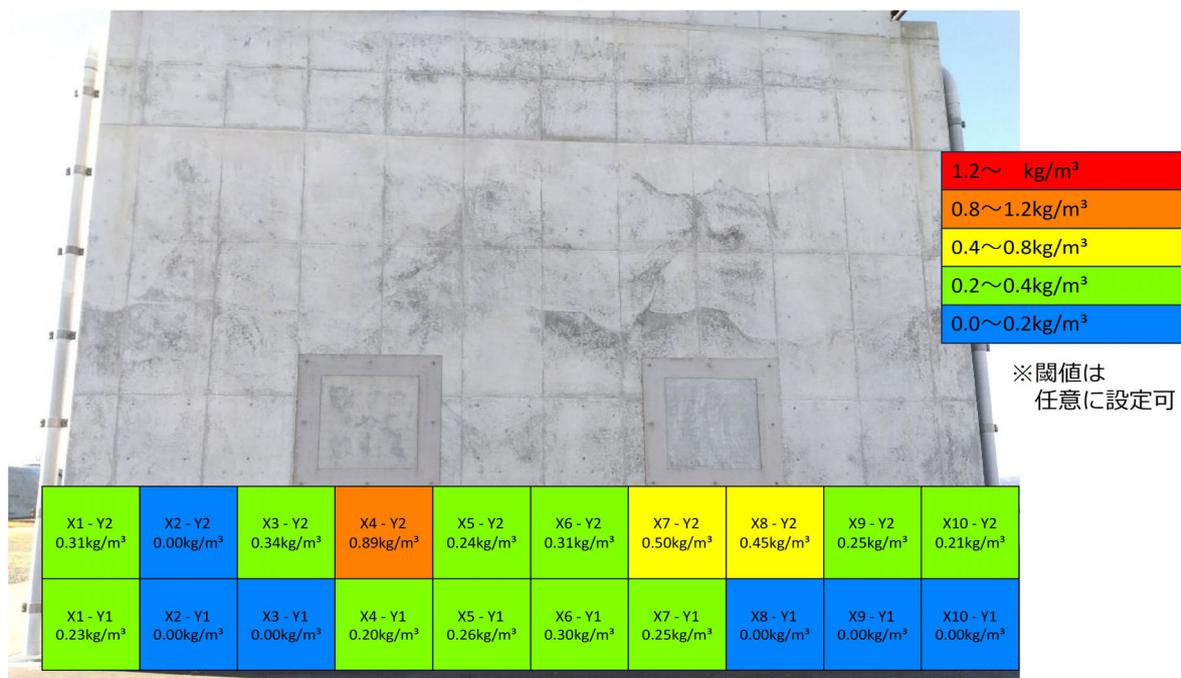
$$y = 1.186 x$$

$$R^2 = 0.973$$

x 塩化物イオン濃度(kg/m³)

y 測定値(ppm × 10⁻³)

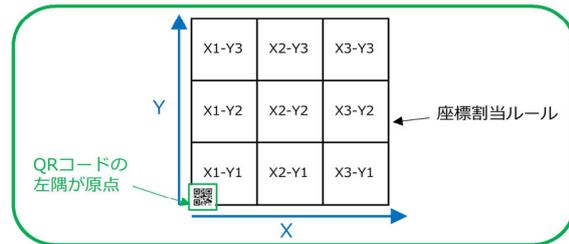
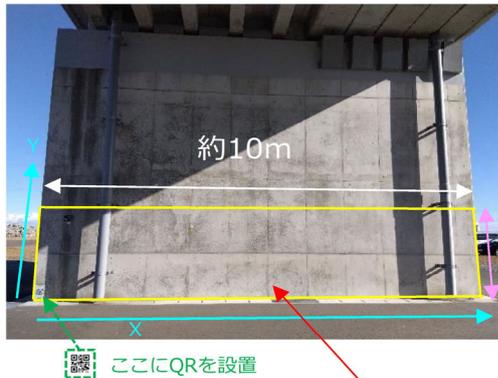
(表面塩分はモルタル相関式を採用)

表面塩分濃度測定結果（測定単位：kg/m³）

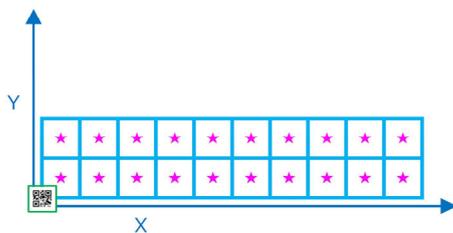
※計測結果

②A2橋台正面(陸側)

■測定時間:16分55秒 ■測定点数:20箇所 ■1測定点あたりの時間=50.8sec/点

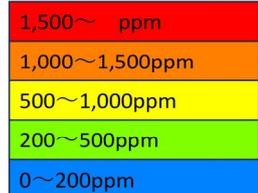
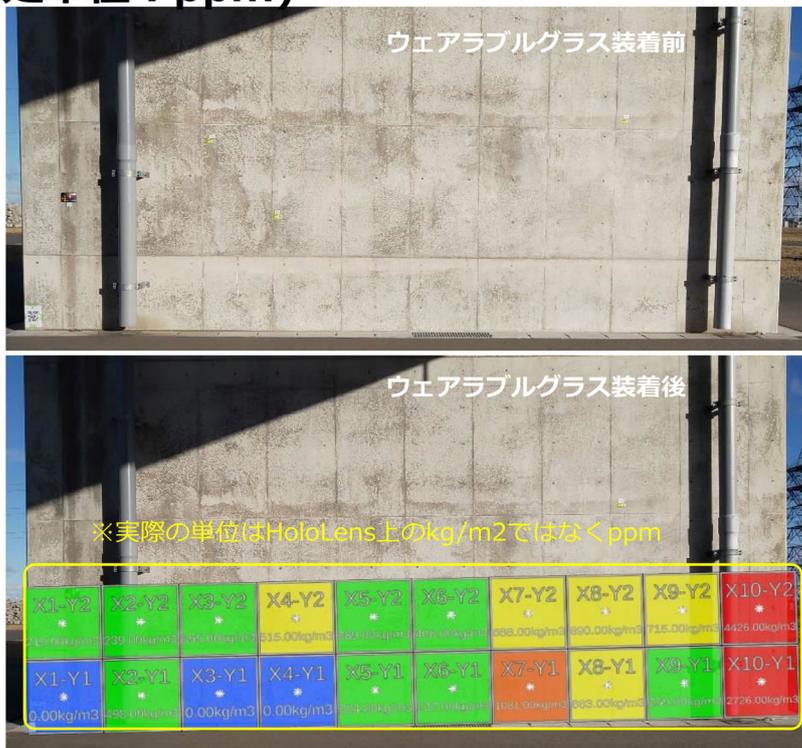


ここにヒートマップを表示する



グリッドサイズ1m
X方向:10区画
Y方向:1区画

表面塩分濃度測定結果(Microsoft HoloLens 2での可視化) (測定単位: ppm)



※閾値は任意に設定可

表面塩分濃度測定結果(測定単位 : ppm)



[参考]イオンクロマトグラフ計測値(横軸)と蛍光X線分析装置計測値(縦軸)の相関

採用式

$$y = 1.186 x$$

$$R^2 = 0.973$$

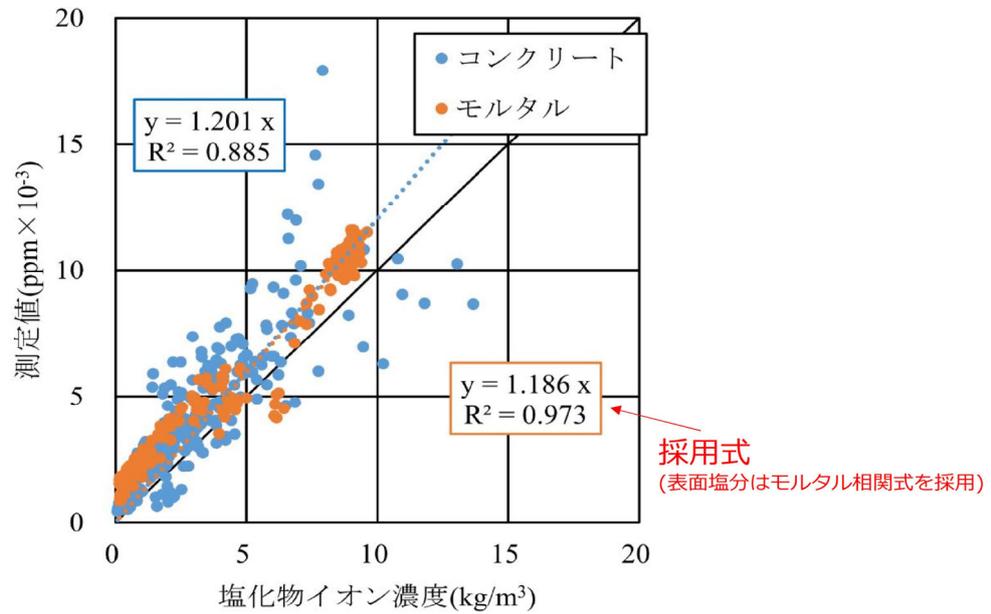
(表面塩分はモルタル相関式を採用)

x 塩化物イオン濃度(kg/m³)

y 測定値(ppm × 10⁻³)

表面塩分濃度測定結果(測定単位 : kg/m³)

[参考]イオンクロマトグラフ計測値(横軸)と蛍光X線分析装置計測値(縦軸)の相関



出典：インフラメンテナンス実践研究論文集Vol.2 No.1, 179-186, 2023.3

技術番号	BR020043
------	----------

技術名	蛍光X線分析法・拡張現実技術を融合したコンクリート塩分濃度調査法	開発者名	株式会社XMAT
-----	----------------------------------	------	----------

試験日	令和7年 1 月 23 日	天候	晴れ	気温	5.5 °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	----	----	--------	----	-------

試験場所	国土技術政策総合研究所 部材保管用施設
------	---------------------

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	塩化物イオン濃度	試験区分	標準試験
--------	---------	------	------	----------	------	------

試験で確認する カタログ項目	計測精度
-------------------	------

対象構造物の概要

※検証試験体 全体一般図

・検証試験体は所定の塩分を添加した塩化物イオン濃度が異なる厚さ3cmのコンクリートプレート（サイズ30cm×30cm×3cm、塩化物イオン濃度（6ケース））を使用する。検証試験体は内部に鉄筋を配した台座コンクリート（サイズ40cm×40cm×8cm）上に配置する。コンクリート強度は、高強度（ $\sigma_{ck}=60\text{N/mm}^2$ 程度）と低強度（ $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ 程度）の2種類とする。

・表面計測の場合は、1枚の検証供試体の上面を4分割し、それぞれの中央部と全体の中央部（合計5測点）で測定を行う。

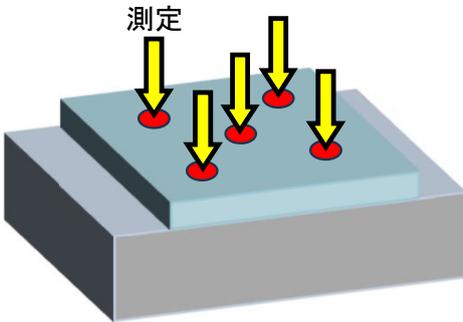




写真-1 検証試験体（表面計測）

① 機器の搬入(蛍光X線分析計:手持ちタイプ)(写真-2、3)

② オプションの設定(写真-4、5)

③ 測点へのX線照射(約20秒)(写真-6、7)

④ 測定結果の記録

⑤ 塩化物イオン量への換算

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3

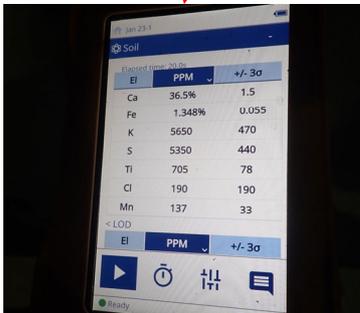


写真-4: (オプション) 画面表示



写真-5

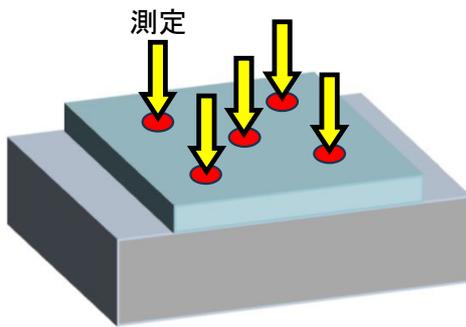


写真-6: 測定状況



写真-7: 測定状況

※検証供試体



- ・所定の塩分を添加した塩化物イオン濃度が異なる厚さ3cmのコンクリートプレート（サイズ30cm×30cm×3cm、塩化物イオン濃度（6ケース））を使用する。検証試験体は内部に鉄筋を配した台座コンクリート（サイズ40cm×40cm×8cm）上に配置する。
- ・1枚の検証供試体の上面を4分割し、それぞれの中央部と全体の中央部（合計5測点）で測定を行う。

計測結果の比較

※計測結果

■データ取得手段：蛍光X線照射（手動）

$$\text{測定精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}}$$

供試体	コンクリート 強度 σ_{ck} (N/mm ²)	測定精度 (kg/m ³)	測点1		測点2		測点3		測点4		測点5	
			測定値 (kg/m ³)	リファレンス (kg/m ³)								
A ①	30	0.14	0.39	0.28	0.28	0.22	0.37	0.17	0.35	0.19	0.03	0.15
B ①		0.34	1.48	0.99	0.90	1.15	1.71	1.24	0.92	1.05	0.78	0.98
C ①		0.77	1.93	2.30	2.83	2.77	1.53	2.42	3.17	2.30	3.94	2.80
D ①		1.75	3.02	4.90	6.00	4.12	6.16	3.96	4.79	3.87	5.74	4.15
E ①		0.55	8.86	8.53	9.20	8.58	9.07	8.14	9.32	9.18	8.57	8.93
F ①		範囲外	53.0	16.84	48.1	16.69	112.7	14.30	72.1	17.19	96.6	15.81
A ②	60	0.14	0.03	0.21	0.03	0.17	0.30	0.18	0.28	0.22	0.03	0.19
B ②		0.60	0.20	1.05	0.68	1.06	0.48	0.98	0.75	1.49	0.72	1.07
C ②		0.94	1.41	1.77	1.13	2.42	1.35	2.31	1.12	2.42	2.23	2.21
D ②		2.58	2.15	4.40	1.62	4.37	2.06	4.60	2.00	4.31	1.84	4.84
E ②		3.91	4.37	9.42	4.66	8.66	6.21	8.20	6.07	8.86	4.95	9.76
F ②		範囲外	12.2	16.76	12.6	15.80	11.1	18.41	12.0	16.41	13.8	17.35

※計測結果

供試体	測点	表面塩分濃度 (ppm) : y	換算式適用結果 (kg/m ³) : x
A-①	1	460	0.388
	2	337	0.284
	3	443	0.374
	4	410	0.346
	5	ND	0.034
B-①	1	1,749	1.475
	2	1,072	0.904
	3	2,025	1.707
	4	1,085	0.915
	5	924	0.779
C-①	1	2,286	1.927
	2	3,360	2.833
	3	1,813	1.529
	4	3,761	3.171
	5	4,675	3.942
D-①	1	3,581	3.019
	2	7,116	6.000
	3	7,301	6.156
	4	5,683	4.792
	5	6,812	5.744
E-①	1	10,508	8.860
	2	10,907	9.196
	3	10,758	9.071
	4	11,052	9.319
	5	10,158	8.565
F-①	1	62,808	52.958
	2	57,008	48.067
	3	133,668	112.705
	4	85,455	72.053
	5	114,604	96.631

供試体	測点	表面塩分濃度 (ppm) : y	換算式適用結果 (kg/m ³) : x
A-②	1	ND	0.034
	2	ND	0.034
	3	361	0.304
	4	328	0.277
	5	ND	0.034
B-②	1	241	0.203
	2	801	0.675
	3	570	0.481
	4	894	0.754
	5	855	0.721
C-②	1	1,676	1.413
	2	1,343	1.132
	3	1,603	1.352
	4	1,322	1.115
	5	2,639	2.225
D-②	1	2,554	2.153
	2	1,922	1.621
	3	2,440	2.057
	4	2,366	1.995
	5	2,187	1.844
E-②	1	5,183	4.370
	2	5,532	4.664
	3	7,369	6.213
	4	7,193	6.065
	5	5,867	4.947
F-②	1	14,453	12.186
	2	14,993	12.642
	3	13,207	11.136
	4	14,276	12.037
	5	16,422	13.847

・換算式 $x = y/1186$

・塩化物イオン濃度検出範囲 : 0.4~10kg/m³

技術番号 BR020045

技術名 自走式斜材点検ロボット(斜材内部の変状) 開発者名 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)

試験日 令和2年 5 月 一日 天候 - 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 日本工業試験所 試験室 構造物名 模擬試験体

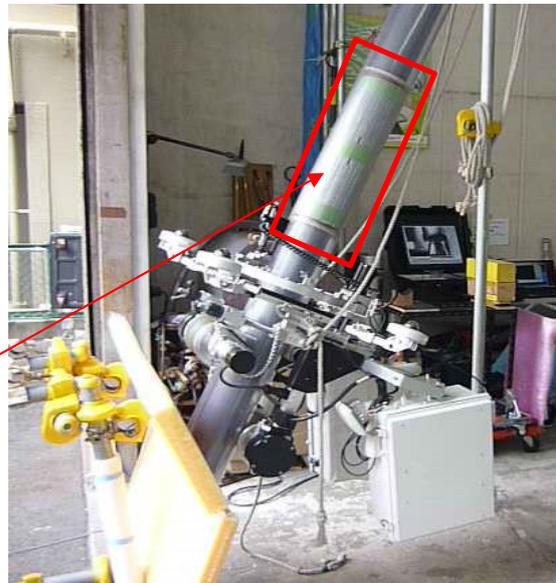
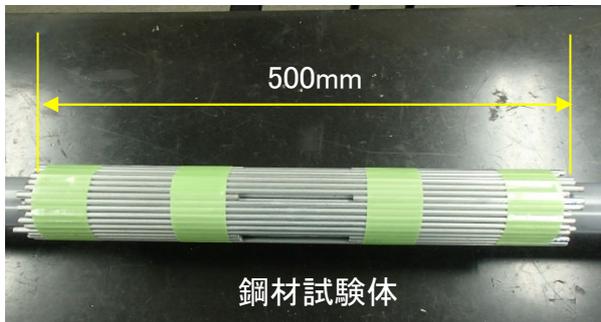
カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 斜材内部の変状 試験区分 -

試験で確認する
カタログ項目 計測精度(性能値)

対象構造物の概要

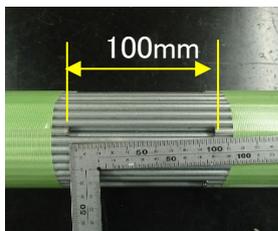
鋼材破断を設けた模擬試験体

斜材ケーブルを模擬したφ165mmの塩ビ管の中に鋼材破断部を設けた鋼材試験体を挿入した模擬試験体を作成



長さ500mmの鋼材試験体の中央の円周方向に長さ100mmの破断部を設けている。

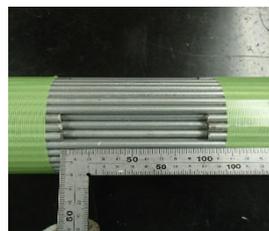
破断部は、鋼材1本破断、2本破断、3本破断、4本破断の4種類である。



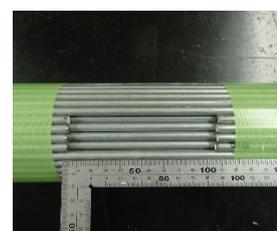
鋼材1本破断



鋼材2本破断



鋼材3本破断



鋼材4本破断

- ① 鋼材破断を設けた模擬試験体に斜材点検ロボットを取り付ける
- ② センサーが鋼材破断より100mm手前となる位置まで斜材点検ロボットを上昇させる
- ③ 鋼材破断より100mm手前から渦流探傷試験を開始
- ④ 渦流探傷試験は、1セット当たり1cmピッチで30回の探傷を行う
- ⑤ 探傷結果を取りまとめる

開発者による計測機器の設置状況

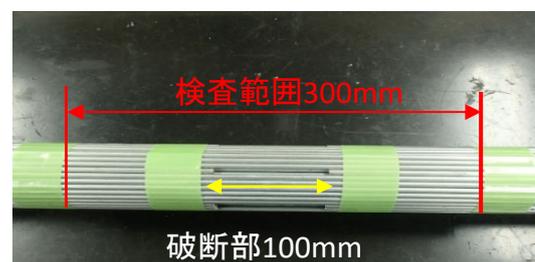


検査センサー(渦流探傷)は円周方向に回転



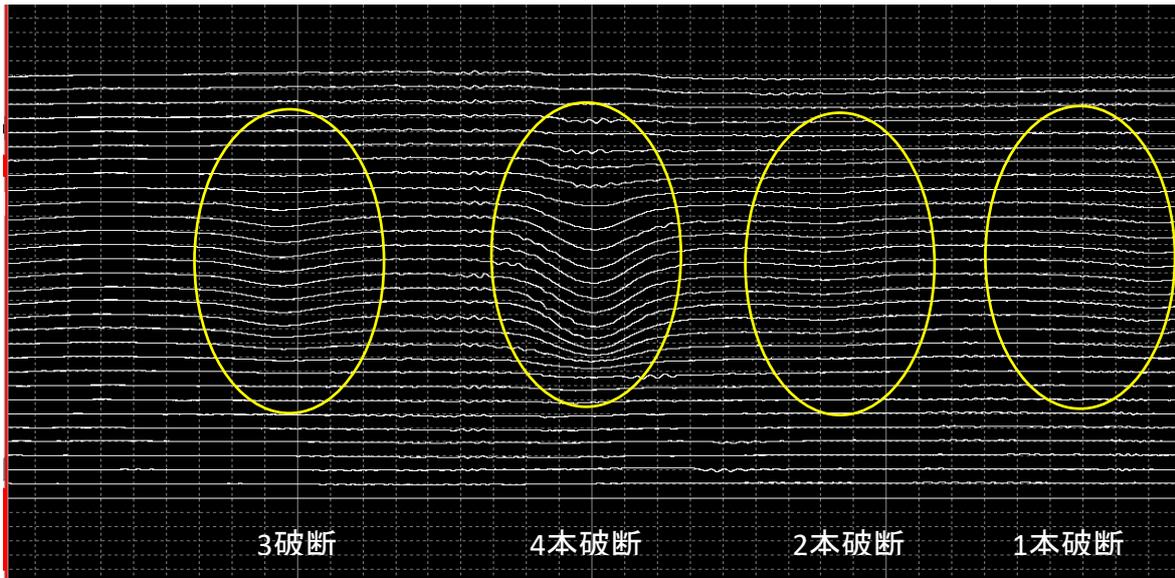
検査範囲300mm間を1cmピッチで計測しながら移動

- ① 健全部で1回転させ、初期値を取得する
- ② 破断部で円周方向に1回転して検査、センサーが元の位置に戻る
- ③ 1cm移動した地点で円周方向に1回転して検査
- ②～③を30回繰り返す



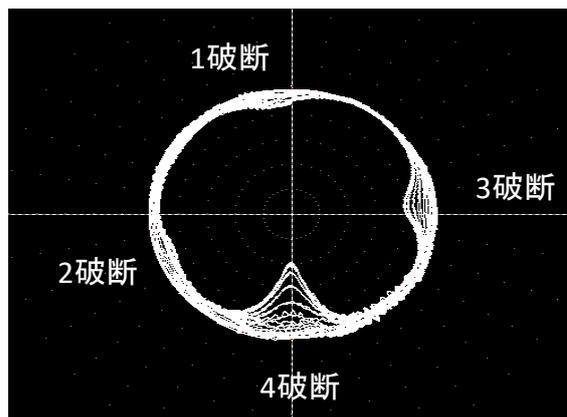
計測結果:ライン波形

- ・渦流探傷信号を可視化した波形が記録される
- ・30回分の探傷データを重ねることで健全部と破断部を相対的に比較する
- ・破断部では、健全部に比して破断本数に応じた波形間隔の縮小、拡大などの乱れが生じる
- ・2本以上破断した場合には明瞭に判別することができる



計測結果:円形波形

表示率の調整や円形波形での表示により検査結果を読み取りやすくすることができる



①性能(精度・信頼性)を確保するための条件

- ・センサー部の取り付け時にセンサーとケーブル表面の距離が円周方向で一定となるように調整する
- ・健全部の測定結果を基準として補正(バランス調整)を行う

技術番号 BR020045

技術名 自走式斜材点検ロボット(斜材内部の変状) 開発者名 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社

試験日 令和7年 2月 12日 天候 晴れ 気温 7.6 °C 風速 1.8 m/s

試験場所 実橋

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 斜材内部の変状 試験区分 標準試験
現場試験

試験で確認する
カタログ項目 狭小進入可能性能
計測速度
動作確認(精度を除く)

対象構造物の概要

橋梁形式: 3径間連続斜張橋(箱桁橋)

橋長: 261m、支間長: 150.3+75.0+34.4m

全体一般図

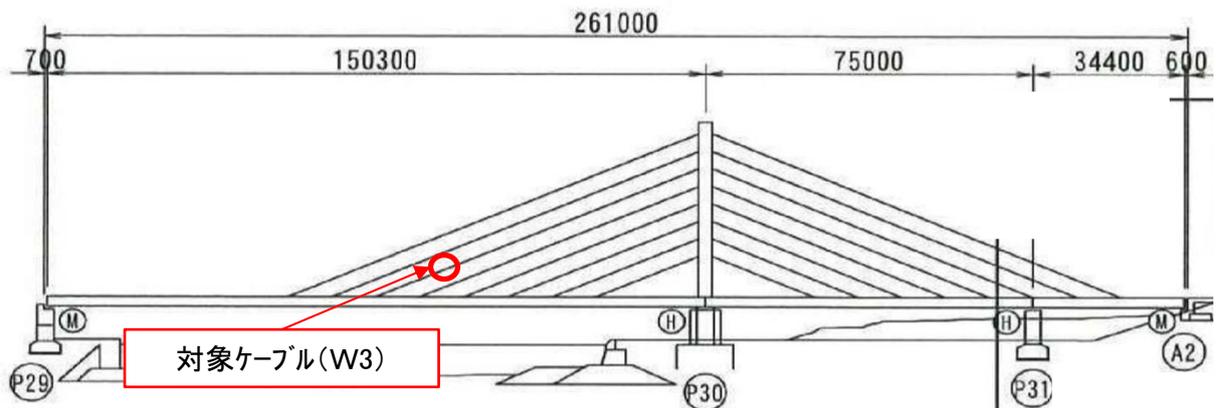
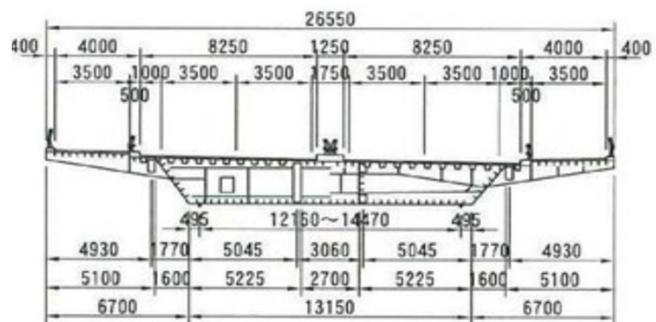


写真-1 全体写真

断面図



対象径間: 第1径間

計測対象部材: 斜材ケーブル(W5, W6)

- ① 自走式斜材点検ロボットを設置する。(写真-2)
- ② 自走式斜材点検ロボットに計測機器(過流探傷装置(検査センサー))を装着する。(写真-3)
- ③ 計測位置まで自走式斜材点検ロボットを移動させる。(写真-4)
- ④ 計測状況:計測プローブを円周方向に回転させ計測する。1回転1cmずつ上方にロボットを移動させる。(写真-5)
移動時に安全装置を使用する。(写真-6)
- ⑤ 計測したデータから斜材内部の変状を評価する。(写真-7)

開発者による計測機器の設置状況



自走式斜材点検ロボット本体

写真-2



計測プローブ 検査センサー

写真-3



写真-4



写真-5



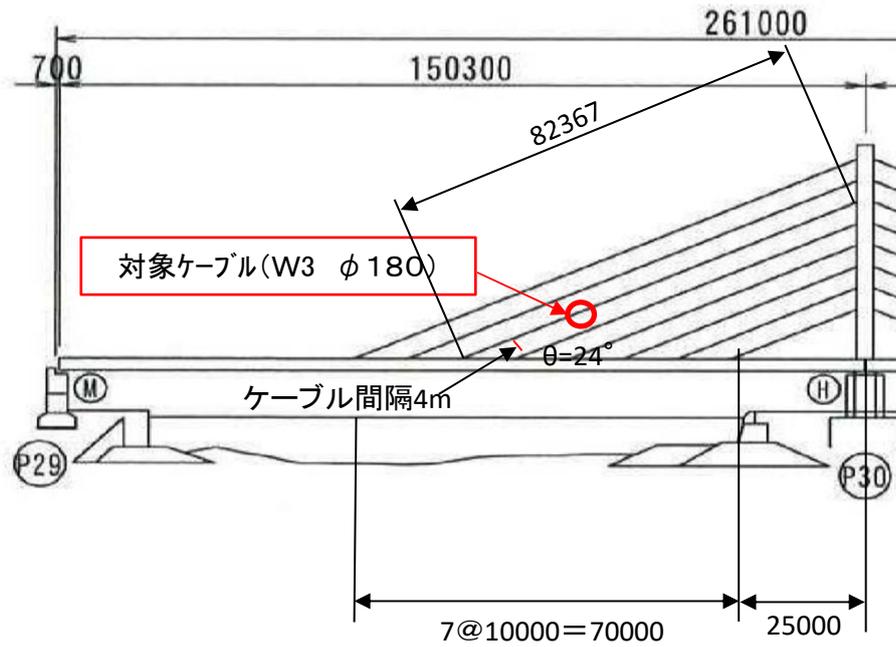
安全装置

写真-6



写真-7

※計測結果



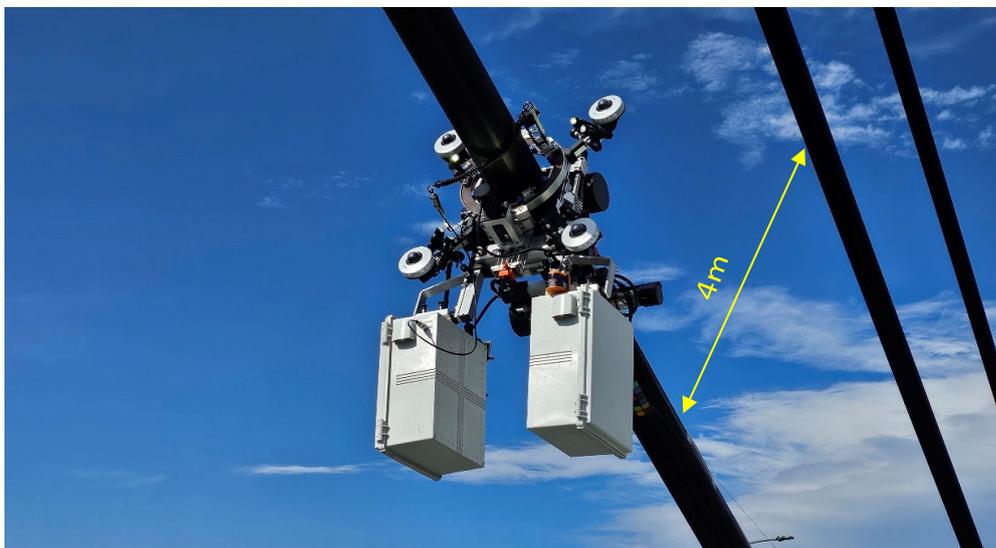
狭小進入可能性能

ケーブル間隔4mにおいて、計測を実施

撮影速度

対象ケーブル(W3)で30cmの長さを計測する時間

※計測結果(狭小進入可能性能)

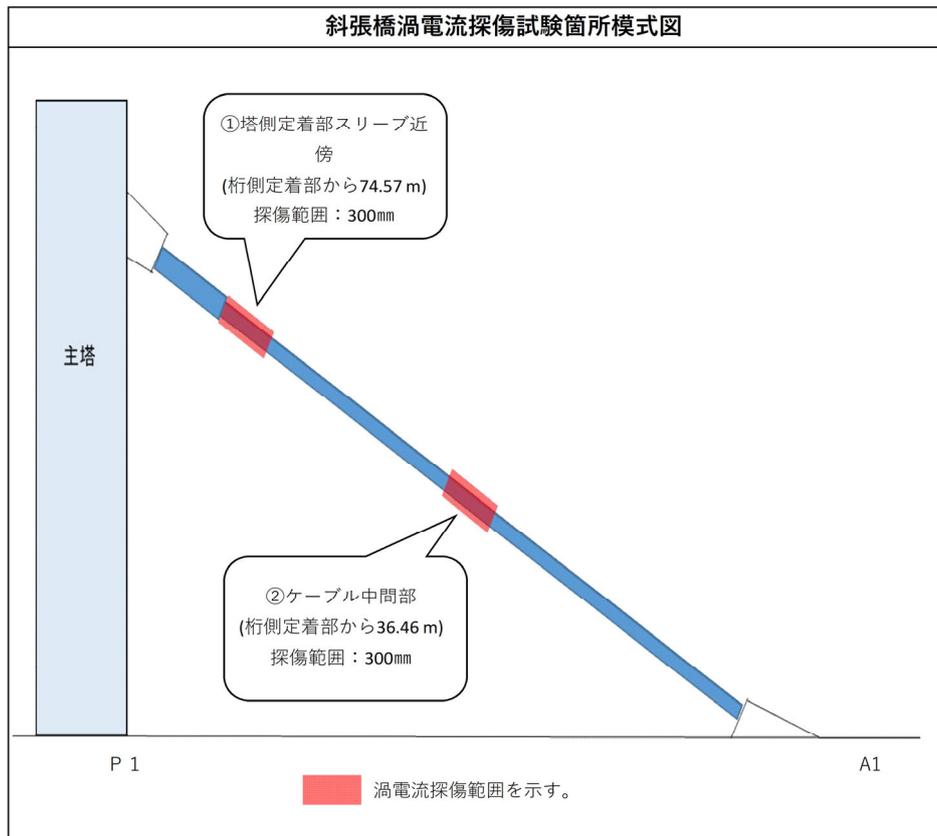


ケーブル間隔4mを確認

※計測速度

W3: 計測長(cm) / 撮影時間(s) = 30 / (18分14秒) = 30 / 18.3 = 1.6cm/分

計測結果



※計測速度

W3:

試験状況

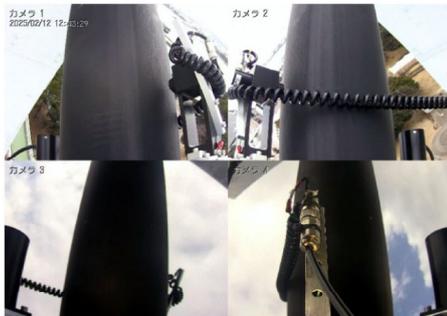
a)点検装置取付状況



b)点検装置走行状況



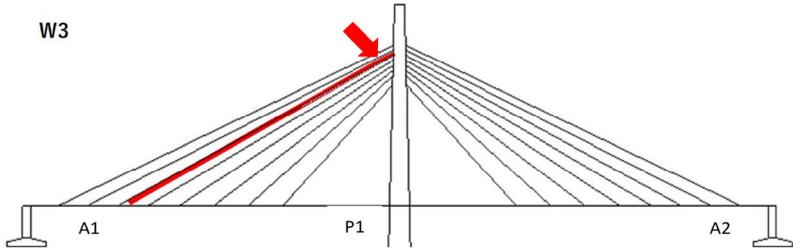
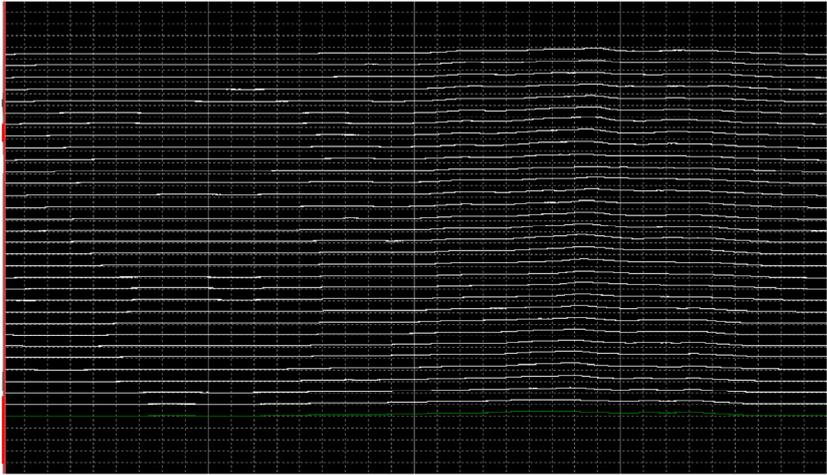
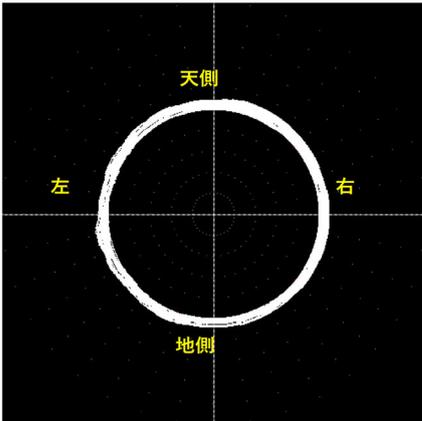
①塔側定着部スリーブ近傍表面状況



②ケーブル中間部表面状況



渦電流探傷試験結果(塔側定着部スリーブ近傍)

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日
車線	—	斜材No.	W3
外径	180 mm	保護管構造・充填剤	—
検査位置	桁側定着部から73.47m(塔側定着部スリーブ近傍)	破断の有無	破断なし
探傷位置			
ライン波形			
断面波形			

渦電流探傷試験結果(ケーブル中間部)

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日
車線	—	斜材No.	W3
外径	180 mm	保護管構造・充填剤	—
検査位置	桁側定着部から36.46m(ケーブル中間部)	破断の有無	破断なし
探傷位置			
ライン波形	<p>天側 右 地側 左 天側</p>		
断面波形			

技術番号 BR020046

技術名 コンクリート打音点検システム(ハンマーパル)

開発者名 株式会社アニモ

試験日 令和6年 12月 6日

天候 晴れ

気温 11.9 °C

風速 14.9 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 うき

試験区分

標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

※検証試験体

全体一般図

A2橋台背面

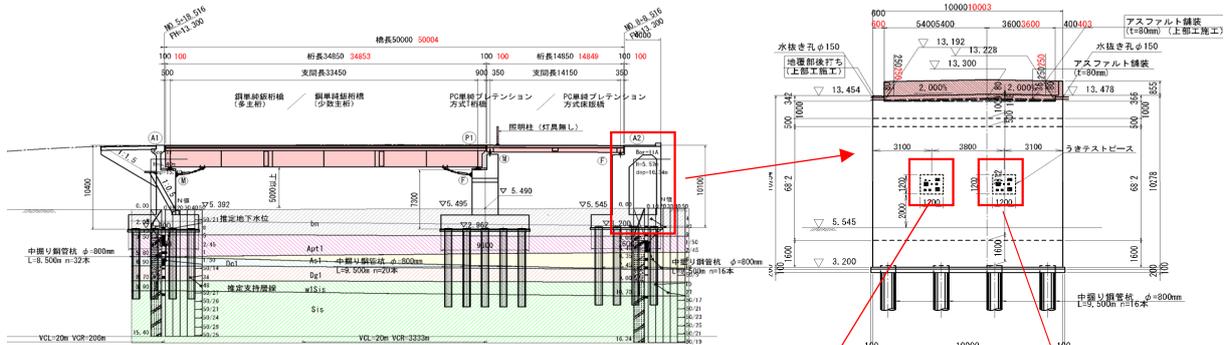


写真-1 A2橋台背面



写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1050mm

① 機器の搬入(送信機・受信機、ハンマー、マイク、センサー)(写真-3)

② 供試体計測準備(位置図)(写真-4)

③ D1を測定(写真-5)

④ D2を測定(写真-6)

⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



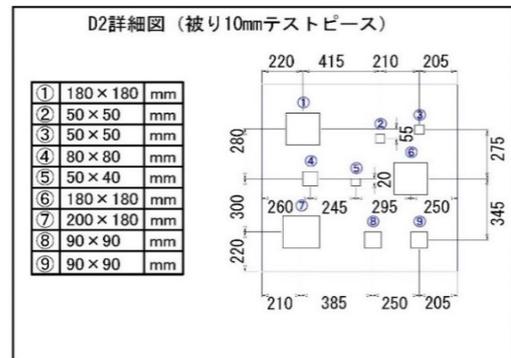
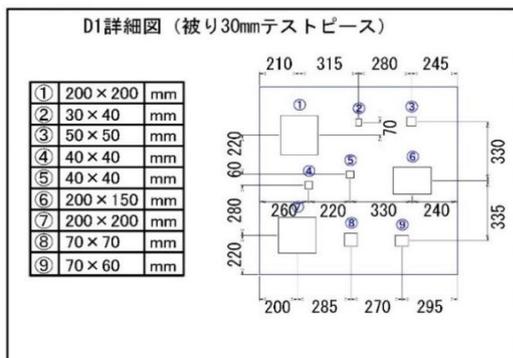
写真-5



写真-6

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※検証供試体



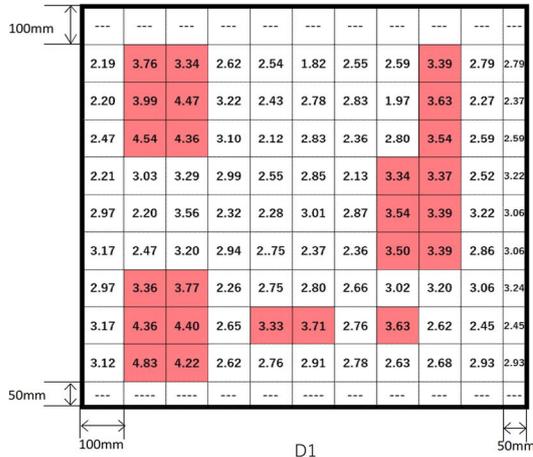
うきの総箇所数:18箇所

※計測結果

■測定機器名称:Flex NX(主機)、NX25(拡張アンテナ)

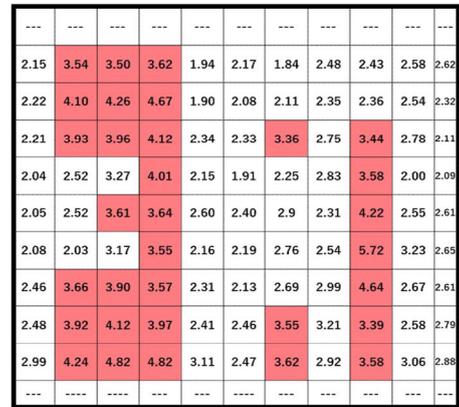
■気温:9.0°C ■照度:11.4~16.7 lux ■風速:0.0~1.6m/s

寸法 1050×1050

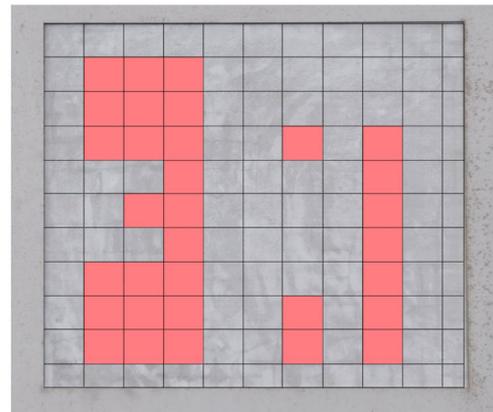
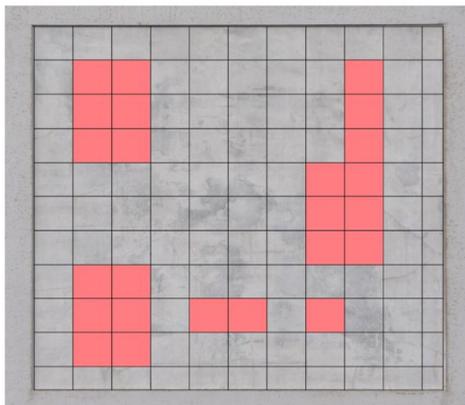


D1 解析画像

寸法 1050×1050

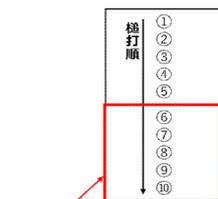


D2 解析画像



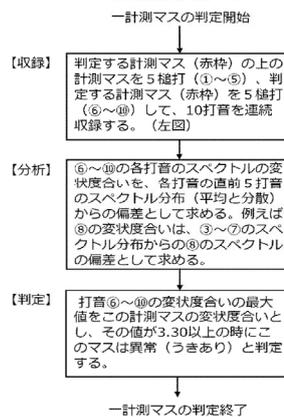
- a. 計測マス(位置を横方向をA~K、縦方向を00~10で示した)の大きさは100mm×100mm(幅×高さ)、右端(K)は幅が50mm、下端(10)は高さが50mm。
 b. 各列の計測マスの縦方向2マス内を連続して10回槌打(1マスあたり5打)し、2マス目の正常性を判定する(下の図および判定フローを参照)。
 c. 判定のフローに従って、計測マス内の打音スペクトルの変状度合を求める。正常部位は数値小、うき等の異常部位は数値大となる。正常と異常の閾値は3.30。変状度合の値が閾値(3.30)以上となり「うきあり」と判定されたマスを赤色(■)で示す。
 d. 2マスの槌打範囲を1マスずつ下にずらして計測
 e. 最上段のマスは計測対象外。最下段のマスは高さが狭い(50mm)ため計測対象外。

【図】



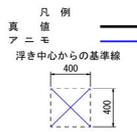
判定する計測マス

【判定のフロー】



検出率＝正解個数のうち技術で検出できた個数／打音異常の正解個数
 的中率＝当該技術で検出した打音異常のうち正解個数／当該技術で検出した個数(誤検出数含む)

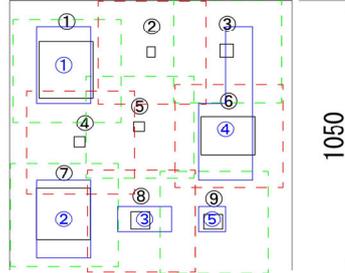
A2橋台-図番D 浮き合わせ図



アニモ計測値

①	200 × 300	mm
②	200 × 300	mm
③	220 × 100	mm
④	200 × 600	mm
⑤	100 × 100	mm

D1詳細図 (被り30mmテストピース)



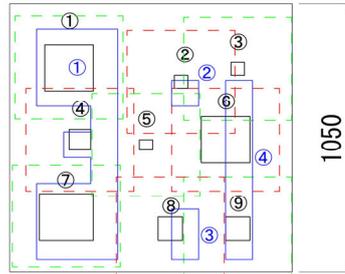
真値

①	200 × 200	mm
②	30 × 40	mm
③	50 × 50	mm
④	40 × 40	mm
⑤	40 × 40	mm
⑥	200 × 150	mm
⑦	200 × 200	mm
⑧	70 × 70	mm
⑨	70 × 60	mm

アニモ計測値

①	300 × 900	mm
②	100 × 100	mm
③	100 × 200	mm
④	100 × 700	mm

D2詳細図 (被り10mmテストピース)



真値

①	180 × 180	mm
②	50 × 50	mm
③	50 × 50	mm
④	80 × 80	mm
⑤	50 × 40	mm
⑥	180 × 180	mm
⑦	200 × 180	mm
⑧	90 × 90	mm
⑨	90 × 90	mm

D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1				未検出
③	1	④	1	1	
④	1				未検出
⑤	1				未検出
⑥	1	④	1	1	
⑦	1	②	1	1	
⑧	1	③	1	1	
⑨	1	⑤	1	1	
計	9	6	6	6	

D2					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	②	1	1	
③	1				未検出
④	1	①	1	1	
⑤	1				未検出
⑥	1	④	1	1	
⑦	1	①	1	1	
⑧	1	③	1	1	
⑨	1	④	1	1	
計	9	7	7	7	

検出率＝ 13箇所／18箇所＝0.72

的中率＝ 13箇所／13箇所＝1.00

技術番号 BR020046

技術名 コンクリート打音点検システム(ハンマーパル)

開発者名 株式会社アニモ

試験日 令和6年 12月 5日

天候 晴れ

気温 9.3 °C

風速 2.1 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 うき

試験区分

現場試験

試験で確認する
カタログ項目 計測速度
動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

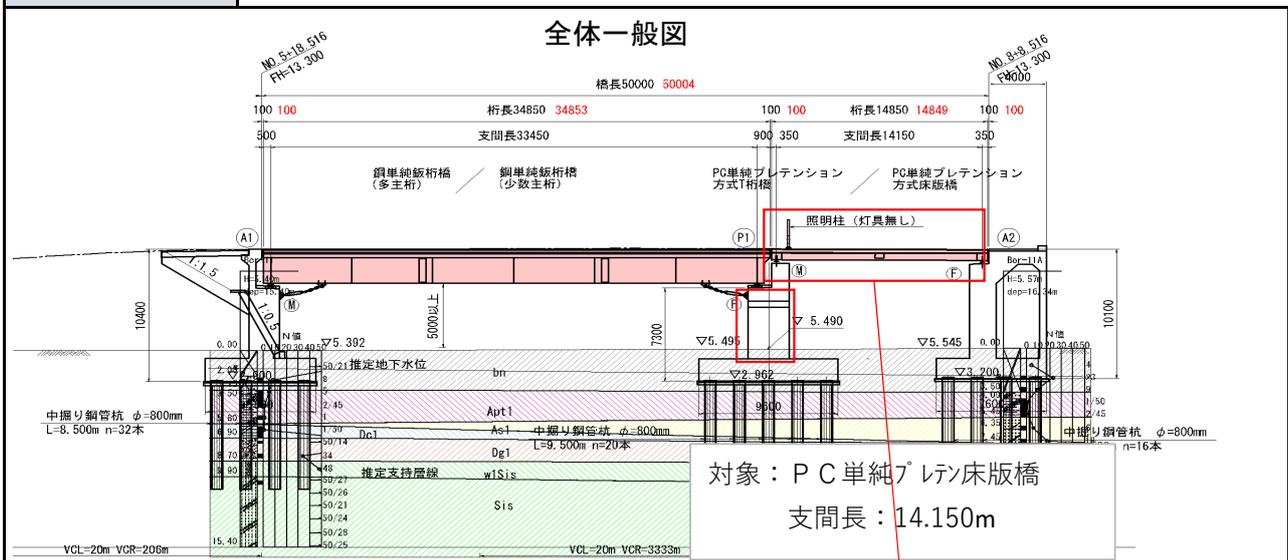


写真-1 全体写真

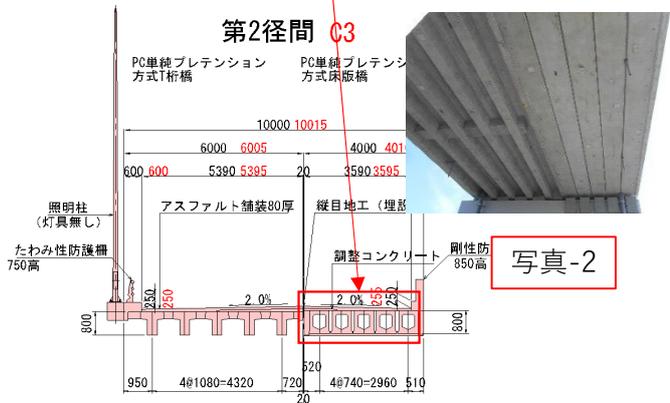


写真-2

対象径間：第2径間

計測対象部材：高欄(剛性防護柵)、床版橋下面

- ① 機器の搬入(送信機・受信機、ハンマー、マイク、センサー)(写真-3)
- ② PCホロー桁下面を測定(写真-4)
- ③ PCホロー桁下面を測定(写真-5)
- ④ 取得したデータを手元のスマホで確認する。(写真-6)
- ⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。(現場ではうき箇所をチョーキングする。)

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4

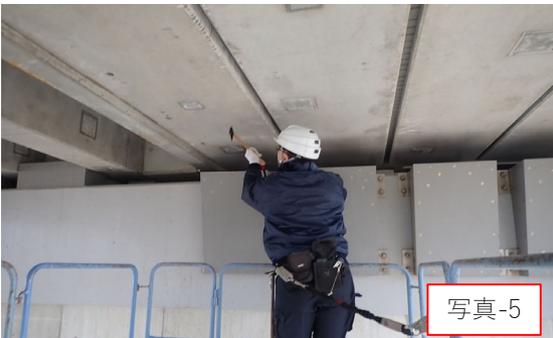


写真-5

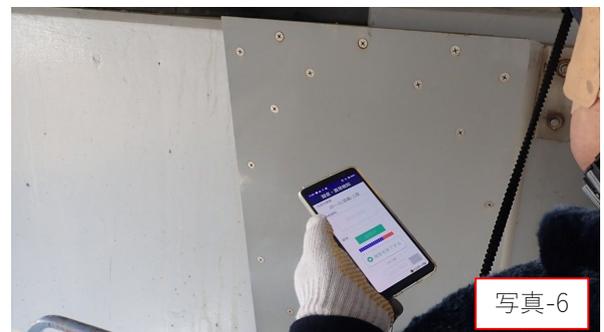


写真-6

※計測結果

第2径間PC橋

位置図



・代表的なマス位置での変状度合い。値が3.30以上の場合に「うきあり」と判定。

	R	S	T		M	N	O
00	1.77	1.67	3.68	09	2.45	2.34	2.32
01	2.06	4.52	4.31	10	2.03	1.87	1.87
02	4.75	4.21	3.87	11	1.98	2.30	2.19

(本試験では計測マスの設定がなかったため、槌打位置は打音の収録順序から推定)

計測速度 打音面積: $2 \times 0.74 \times 2 = 2.96\text{m}^2$ 計測時間: 8分34秒 (HG1)、8分42秒 (HG2)

計測速度 = $2.96 / (8 + 34/60 + 8 + 42/60) = 0.17\text{m}^2/\text{分}$

技術番号 BR020046

技術名 コンクリート打音点検システム(ハンマーパル) 開発者名 株式会社アニモ

試験日 令和4年 3 月 1 日 天候 晴れのち雨 気温 14 °C 風速 — m/s

試験場所 施工技術総合研究所(静岡県富士市)

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 うき 試験区分 —

試験で確認する
カタログ項目 計測精度(性能値)

対象構造物の概要

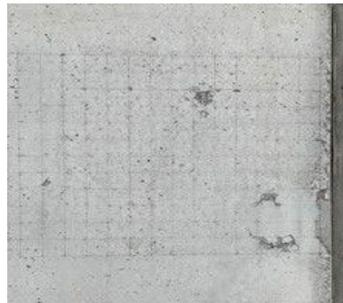
コンクリートの表面近くのうき等の欠陥を模した打音検査用供試体。供試体表面に50mm×50mmのメッシュが存在。
設置されている18供試体にうち、今回の試験対象として無作為に3台(No.1, No.7, No.13)を選択した。

供試体 設置状況



試験実施 供試体

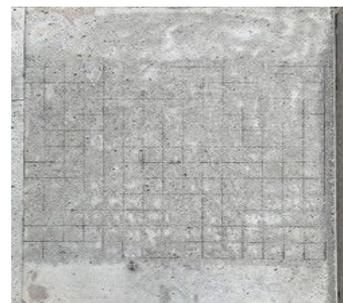
No. 1



No. 7



No. 13



試験方法(手順)	技術番号	BR020046
①	供試体表面の点検対象部分において、1/2ポンドテストハンマーで少しづつ位置を移動させながら槌打し、連続的に打音を発生させる。	
②	連続する打音を指向性マイクで収録し、スマートフォンでスペクトル分析を行う。点検対象部分のコンクリート内部に変状がある場合に、その変状を検知する。	
③	3マスを1セットとして連続的に槌打、1マスごとに位置を移動させながら供試体の全マスを槌打する。全体12×15マス(目地部を除く)。	
④	供試体No.1, No.7, No.13について、コンクリート表面を1/2ポンドテストハンマーにて叩いて変状を自動検知し記録する。	

開発者による計測機器の設置状況

スマートフォンとそれに無線接続された指向性マイクとスマートウォッチの構成。

診断対象の供試体を1/2ポンドテストハンマーで連続槌打した打音を収録、分析して得られた

スペクトル情報から、コンクリートの内部空洞等の変状を自動検出し、その結果をスマートフォンの画面に表示

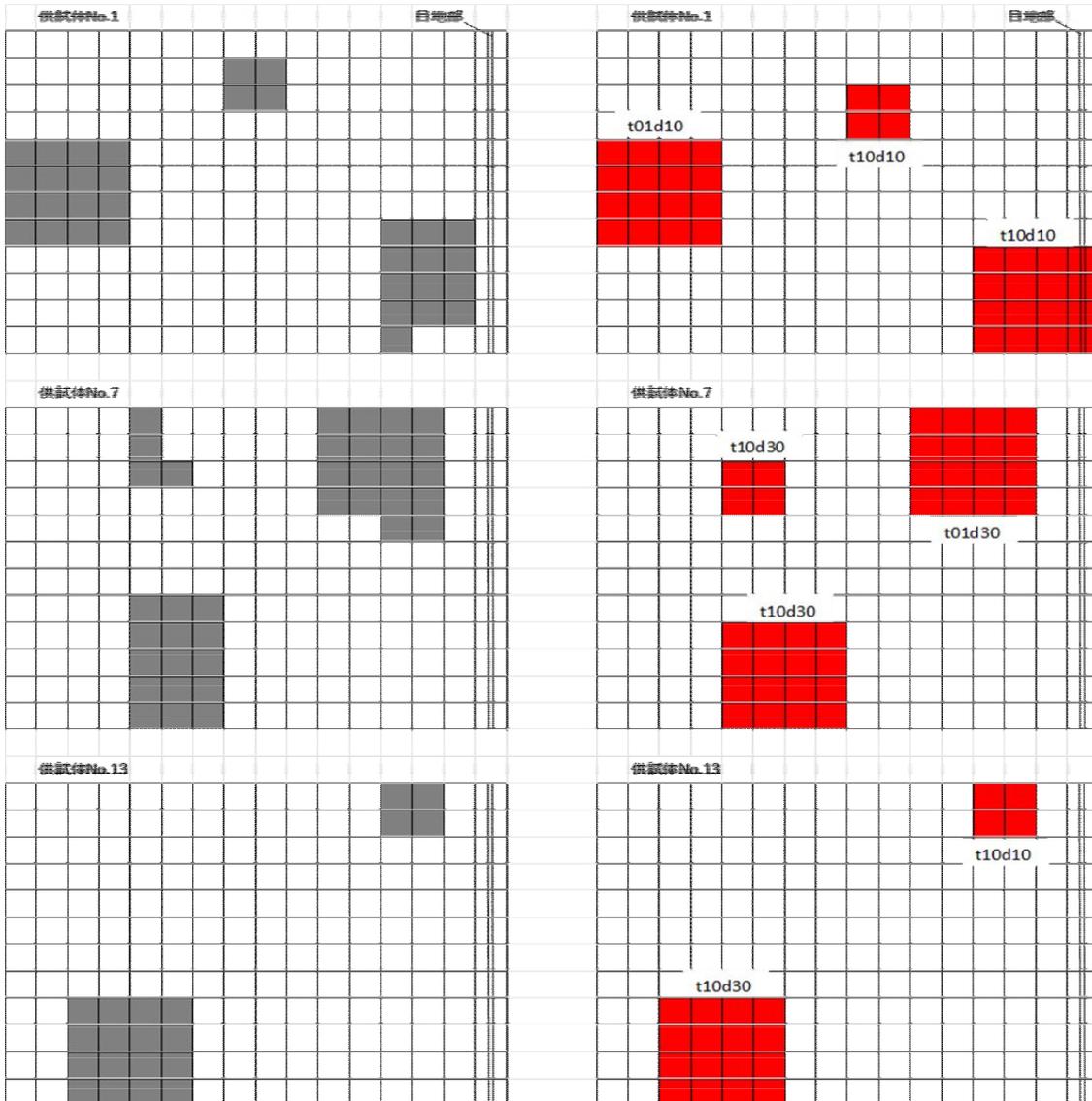
するとともにスマートウォッチの振動として点検作業者に伝える。



○計測精度

・当該技術による検出結果

・変状埋め込み位置(正解)

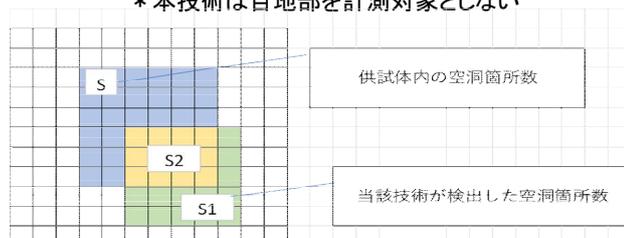


(1) 当該技術により検出した変状箇所数 (S1+S2)	90
(2) 当該技術で検出した変状箇所数のうち供試体内の変状箇所数 (S2)	79
(3) 供試体内の変状箇所数 (S+S2)	88

検出率:(2)/(3)	0.898
的中率:(2)/(1)	0.878

- (1) = S1+S2
- (2) = S2
- (3) = S+S2

* 本技術は目地部を計測対象としない



項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
変状検出性能	[1] うき・はく離 [2] 劣化、表面近くの空洞 ・全空洞に対する検出率: 89.8%、的中率: 87.8% ・計測対象に目地部含まず	・一定の時間間隔、強度の連続槌打

技術番号 BR020047

技術名 コンクリートの変状探査技術(PRA-TICA)(うき)

開発者名 リック株式会社

試験日 令和6年 12月 20日

天候 晴れ

気温 7.3 °C

風速 4.3 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 うき

試験区分

標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

※検証試験体

全体一般図

A2橋台背面

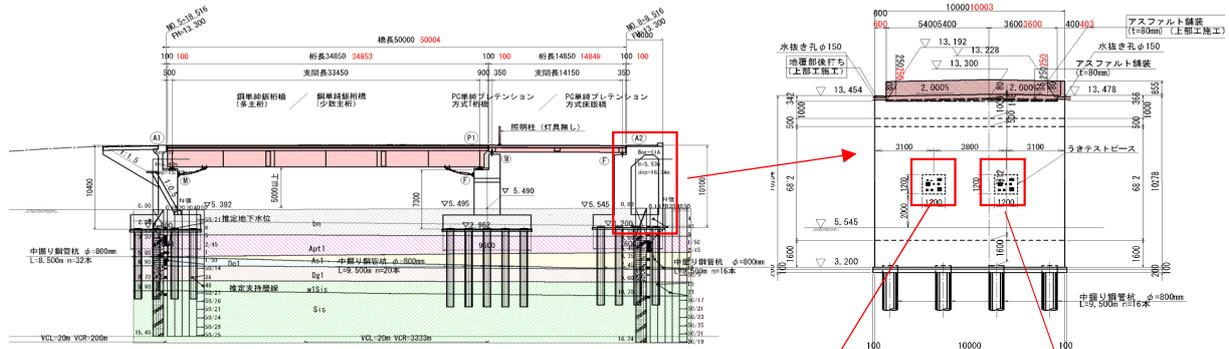


写真-1 A2橋台背面



写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1050mm

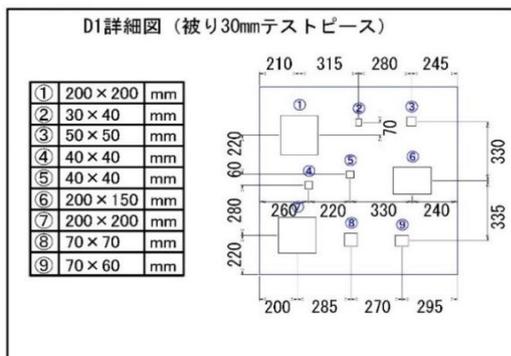
- ① 機器の搬入(アンプPRA-TICA、鋼玉径10mm、加速度計(受信センサー)、PC)(写真-3)
- ② 機器の搬入(加速度計(受信センサー)、鋼玉径10mm、)(写真-4)
- ③ D1を測定(写真-5)
- ④ D2を測定(写真-6)
- ⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況

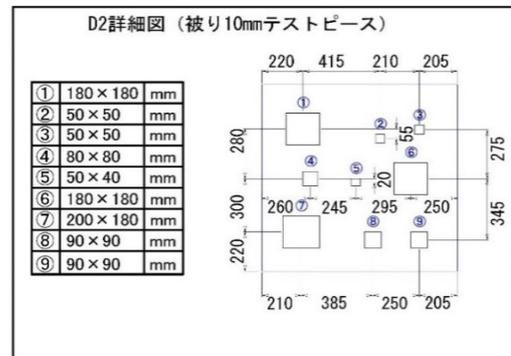


比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※検証供試体

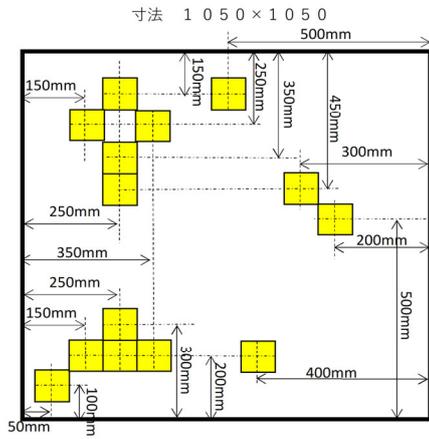


うきの総箇所数:18箇所

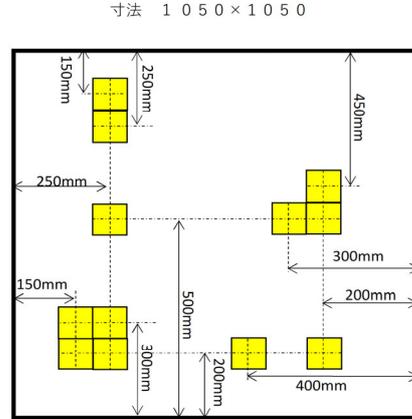


※計測結果

■照度： 27.5~36.8 kLux ■風速： 0.0~5.2 m/s ■気温： 7.3~9.1 °C



D1



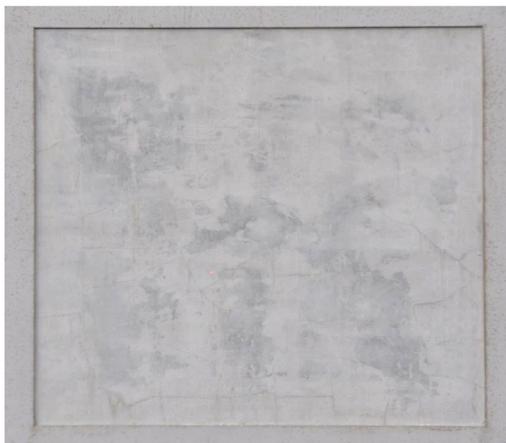
D2

測定対象物： D01 振幅計算値 測定結果	測定点の横位置：左上端点からの距離									
	50mm	150mm	250mm	350mm	450mm	550mm	650mm	750mm	850mm	950mm
50mm	8.5	10.8	11.0	15.0	10.6	10.8	10.4	10.0	16.7	14.1
150mm	9.9	30.9	114.2	25.0	16.6	68.7	35.8	10.5	17.6	21.1
250mm	13.0	149.2	50.8	61.5	12.0	24.2	12.2	15.1	20.5	13.7
350mm	10.2	15.2	65.0	11.7	11.7	13.0	11.2	12.9	13.8	16.1
450mm	10.3	13.5	60.3	11.0	37.1	26.0	9.9	82.7	39.3	42.6
550mm	10.3	13.8	31.3	36.1	11.3	22.7	15.2	29.4	104.3	41.3
650mm	11.5	13.5	11.3	20.3	9.8	23.2	15.9	17.6	33.6	26.1
750mm	14.7	20.9	66.6	21.3	16.1	24.9	11.4	15.2	12.5	17.3
850mm	11.8	104.9	77.0	71.5	14.4	13.8	65.7	19.7	30.1	19.9
950mm	76.1	13.6	29.8	13.0	10.1	39.7	19.0	14.3	11.5	27.5

測定対象物： D02 振幅計算値 測定結果	測定点の横位置：左上端点からの距離									
	50mm	150mm	250mm	350mm	450mm	550mm	650mm	750mm	850mm	950mm
50mm	9.2	9.9	11.3	9.9	10.8	11.5	9.4	11.9	18.7	10.6
150mm	10.8	38.7	80.3	13.3	14.6	11.8	12.2	16.8	14.6	20.0
250mm	19.9	47.3	61.1	34.2	11.7	12.3	11.1	11.7	39.7	28.1
350mm	11.7	20.3	13.4	14.5	11.4	10.3	13.6	14.1	19.4	20.9
450mm	10.0	11.6	9.8	8.8	8.9	9.5	9.0	49.5	175.6	18.5
550mm	8.2	10.7	75.0	17.4	9.7	23.4	11.0	179.8	119.5	27.0
650mm	24.4	12.6	13.1	12.5	13.9	10.6	16.3	21.0	23.4	21.3
750mm	13.9	57.0	111.3	20.9	16.1	10.8	17.7	18.0	26.4	25.9
850mm	20.8	61.6	178.5	23.2	11.2	12.1	154.2	21.6	82.3	18.8
950mm	19.3	17.1	15.8	12.3	13.7	11.7	30.3	27.2	17.3	27.3

凡例 ■ : 異常値⇒うきと判定

判定基準値: 56.1 (56.1超で異常値と判定)



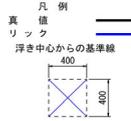
D1 可視画像



D2 可視画像

検出率＝正解個数のうち技術で検出できた個数／打音異常の正解個数
 的中率＝当該技術で検出した打音異常のうち正解個数／当該技術で検出した個数(誤検出数含む)

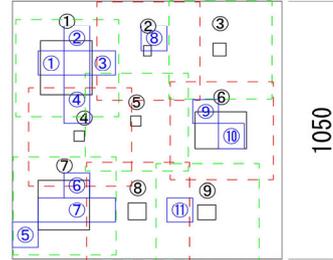
A2橋台-図番D 浮き合わせ図



リック計測値

①	100×100	mm
②	100×100	mm
③	100×100	mm
④	100×200	mm
⑤	100×100	mm
⑥	100×100	mm
⑦	300×100	mm
⑧	100×100	mm
⑨	100×100	mm
⑩	100×100	mm
⑪	100×100	mm

D1詳細図 (被り30mmテストピース)



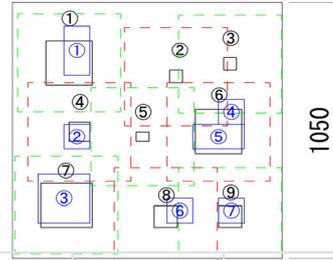
真 値

①	200×200	mm
②	30×40	mm
③	50×50	mm
④	40×40	mm
⑤	40×40	mm
⑥	200×150	mm
⑦	200×200	mm
⑧	70×70	mm
⑨	70×60	mm

リック計測値

①	100×200	mm
②	100×100	mm
③	200×200	mm
④	100×100	mm
⑤	200×100	mm
⑥	100×100	mm
⑦	100×100	mm

D2詳細図 (被り10mmテストピース)



真 値

①	180×180	mm
②	50×50	mm
③	50×50	mm
④	80×80	mm
⑤	50×40	mm
⑥	180×180	mm
⑦	200×180	mm
⑧	90×90	mm
⑨	90×90	mm

D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	②	1	1	
②	1	⑧	1	1	
③	1				未検出
④	1	④	1	1	
⑤	1				未検出
⑥	1	⑩	1	1	
⑦	1	⑥	1	1	
⑧	1	⑦	1	1	
⑨	1	⑪	1	1	
		①			①に含む
		③			①に含む
		⑨			⑥に含む
		⑤			⑦に含む
計	9	11	7	7	

D2					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1				未検出
③	1				未検出
④	1	②	1	1	
⑤	1				未検出
⑥	1	⑤	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑥	1	1	
⑨	1	⑦	1	1	
		④			⑥に含む
計	9	7	6	6	

検出率＝ 13箇所／18箇所＝0.72

的中率＝ 13箇所／18箇所＝0.72

技術番号 BR020047

技術名 コンクリートの変状探査技術(PRA-TICA)(うき)

開発者名 リック株式会社

試験日 令和6年 12月 20日

天候 晴れ

気温 7.3 °C

風速 4.3 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 うき

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

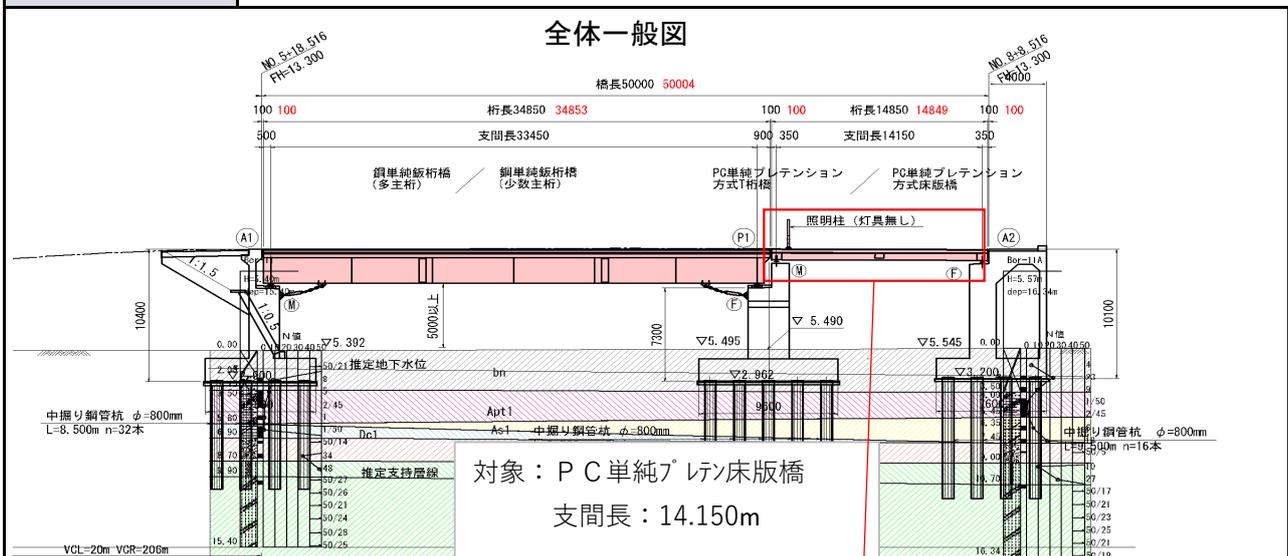


写真-1 全体写真

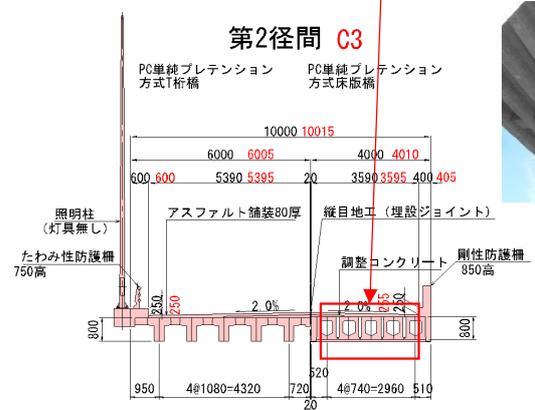


写真-2

対象径間：第2径間 計測対象部材：高欄(剛性防護柵)、床版橋下面

- ① 機器の搬入(アンプPRA-TICA、鋼玉径10mm、加速度計(受信センサー)、PC)(写真-3)
- ② 機器の搬入(加速度計(受信センサー)、鋼玉径10mm、)(写真-4)
- ③ PC橋下面を測定(写真-6)
- ④ PC橋下面を測定(写真-6)
- ⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



※計測結果

■照度: 7.02~51.2 kLux ■風速: 0.0~10.4 m/s ■気温: 9.2 °C

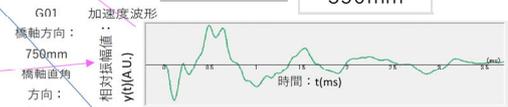
位置図



測定対象物 G01 橋軸直角 方向	測定点(橋軸方向)の位置、橋軸直角方向の距離																			
	1500mm	1350mm	1200mm	1050mm	900mm	750mm	600mm	450mm	300mm	150mm	0mm	150mm	300mm	450mm	600mm	750mm				
50mm	14.3	15.3	14.8	16.2	18.5	21.7	16.1	14.3	16.3	16.2	17.3	20.7	19.2	17.1	18.2	14.9	18.2	19.2	19.8	16.3
150mm	15.0	18.7	19.6	16.4	18.4	17.4	20.7	20.3	20.4	20.8	17.8	20.8	15.8	15.5	15.2	18.4	15.8	15.2	17.8	19.1
250mm	11.7	18.4	13.1	10.3	21.8	16.2	12.5	17.5	12.0	12.8	18.7	12.8	14.9	18.6	19.8	15.7	20.5	17.7	17.4	16.9
350mm	16.9	12.4	11.6	17.7	26.5	17.9	16.0	19.2	14.2	13.9	12.5	15.0	84.4	14.9	17.9	16.1	14.8	18.3	16.7	16.6
450mm	14.5	14.8	14.5	15.0	21.1	17.4	17.3	17.2	17.2	17.6	16.6	15.2	18.7	19.8	18.4	18.7	17.2	15.0	23.9	18.2
550mm	15.5	22.0	22.6	13.7	14.1	16.3	14.5	34.0	14.1	14.2	14.9	16.1	16.7	18.5	14.6	14.8	13.5	16.5	14.4	13.9
650mm	32.6	31.7	22.1	33.5	21.0	26.3	23.7	22.6	19.3	21.3	19.4	24.6	28.0	16.9	22.3	24.8	19.2	16.7	17.6	15.0

測定対象物 G02 橋軸直角 方向	測定点(橋軸方向)の位置、橋軸直角方向の距離																			
	1500mm	1350mm	1200mm	1050mm	900mm	750mm	600mm	450mm	300mm	150mm	0mm	150mm	300mm	450mm	600mm	750mm				
50mm	12.9	16.7	17.8	14.3	14.8	14.0	16.9	13.4	13.3	15.9	14.2	15.6	13.8	17.4	18.1	17.7	16.4	13.2	13.5	15.4
150mm	14.9	17.9	22.2	18.2	19.1	19.4	19.1	23.1	18.8	20.4	17.6	13.2	28.4	15.5	17.2	14.1	13.0	15.2	19.1	13.8
250mm	14.4	16.4	15.2	16.4	17.4	13.5	13.8	1.6	18.0	13.9	11.8	15.3	13.3	15.5	17.2	16.8	13.6	16.3	16.6	
350mm	18.2	17.4	22.5	22.3	28.8	18.5	18.5	14.7	25.2	15.8	15.7	18.0	14.0	19.7	13.6	17.9	17.5	19.8	19.4	16.0
450mm	11.7	19.2	16.2	16.5	18.2	19.1	15.5	17.6	17.7	15.0	17.7	15.1	15.9	17.2	15.8	15.5	18.2	15.1	20.8	16.6
550mm	13.9	13.5	14.9	15.2	16.3	12.8	13.7	14.4	14.9	15.8	12.0	13.7	14.5	15.4	14.0	14.8	15.3	15.2	16.4	18.8
650mm	17.2	23.5	18.3	20.4	20.1	26.1	16.1	17.5	19.5	25.2	23.0	19.3	21.5	18.3	19.7	22.7	22.3	18.4	22.4	21.8

凡例 ■: 異常値⇒うきと判定
判定基準値: 56.1 (56.1超で異常値と判定)



G01
橋軸方向:
750mm
橋軸直角
方向:
350mm

14.0

G02
橋軸方向:
750mm
橋軸直角
方向:
350mm



複数点での解析結果の一例
G02, 橋軸直角方向350mm
015001⇒橋軸方向50mm~015020⇒橋軸方向1950mm:

凡例 ■: 異常値⇒うきと判定
判定基準値: 56.1 (56.1超で異常値と判定)

技術番号	BR020047
------	----------

技術名	コンクリート内部の変状探査技術(PRA-TICA)(うき)	開発者名	リック株式会社
-----	-------------------------------	------	---------

試験日	平成26年 3 月 19 日	天候	晴	気温	12.6 °C	風速	2 m/s
-----	----------------	----	---	----	---------	----	-------

試験場所	リック株式会社	構造物名	供試体
------	---------	------	-----

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ		検出項目	うき	試験区分	—
--------	---------	------	--	------	----	------	---

試験で確認する カタログ項目	計測精度(性能値)
-------------------	-----------

対象構造物の概要

うきを模擬した150mm×150mmの発砲スチロールをコンクリート表面からの深さ50mmに埋設、及び、うきを模擬した150mm×150mmのポーラスコンクリートをコンクリート表面からの深さ25mmに埋設した供試体

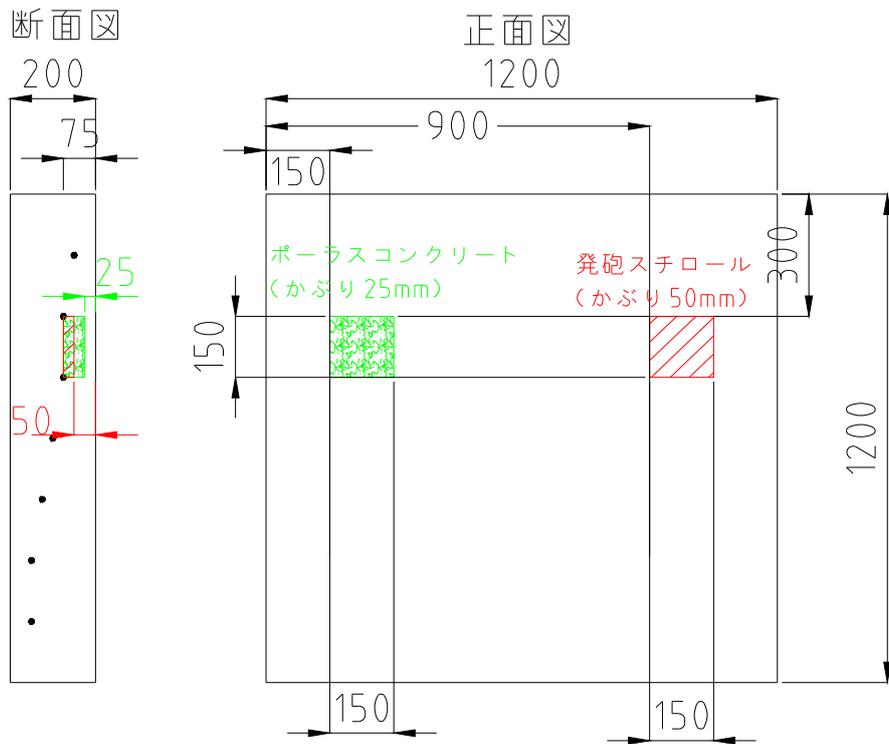
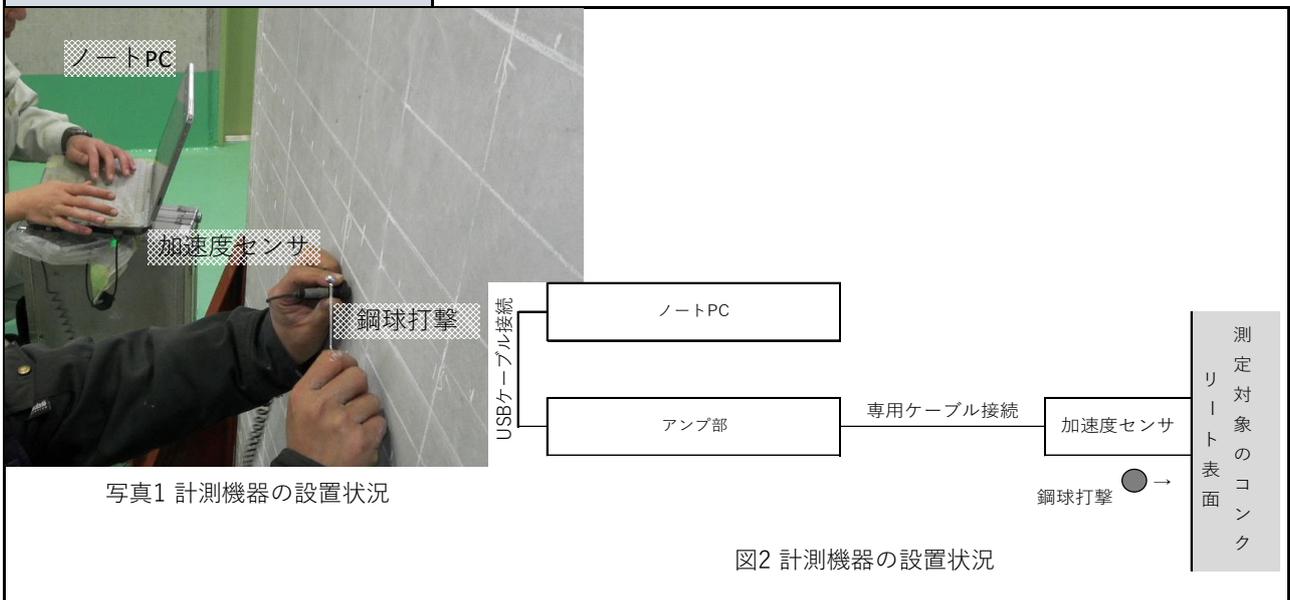


図1 対象構造物の形状

①	測定点のコンクリート表面にゴミ、ほこり、緩んだ骨材などが無いことを確認し、測定点のチョークでマーキングする。測定点は供試体の高さ方向に50mm又は100mm間隔で17点、横方向に50mm間隔で23点を設定した。
②	測定点から1cm程度の範囲内に加速度センサを手で押さえ付けて設置し、測定点を入力装置(直径10mmの鋼球)で打撃する。
③	打撃によりコンクリート内部に発生した弾性波を加速度センサで受信する。測定波形(時間軸波形)を確認し、ノートPCにデータを保存する。
④	全測定点での測定が完了したら、各測定点の振幅加算値(時間軸波形の相対振幅値の絶対値を10 μ sの時間間隔で時間3.5msまで加算した値)を算出する。
⑤	全測定点の振幅加算値の平均値 m 及び標準偏差 σ を算出し、 $m+3\sigma$ を判定基準値に設定する。
⑥	各測定点の振幅加算値と判定基準値とを比較し、振幅加算値が判定基準値よりも大きくなった測定点にうきが存在すると判断する。

開発者による計測機器の設置状況



・検出率(%)=(新技術でうきが存在すると判定された測定点数)÷(異常がある測定点数)=7/8=87.5%

・的中率(%)=(新技術でうきが存在すると判定された測定点数のうち異常がある測定点数)÷(新技術でうきが存在すると判定された測定点数)=7/7=100%

表1 各測定点の振幅加算値測定結果 (□ : 実際の変状の位置, ■ : 異常値)

		横方向の測定点設定位置 : 左端面からの距離(mm)																						
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150
高さ方向の測定点設定位置 : 上端からの距離(mm)	50	31.7	15.6	18.1	16.8	20.9	16.0	15.7	13.4	18.3	18.7	17.4	17.4	15.6	18.3	14.7	14.7	17.2	15.2	15.9	14.1	15.7	15.5	20.1
	150	14.5	13.7	14.0	15.3	12.0	11.7	13.4	13.7	15.1	14.4	12.9	14.5	14.4	12.8	13.1	13.1	14.7	12.1	12.7	14.9	12.6	13.6	17.6
	250	16.7	13.2	16.4	14.5	15.4	12.8	14.7	14.7	14.0	15.5	16.0	13.2	16.5	17.6	14.7	13.4	16.4	13.0	16.0	15.7	13.8	15.5	18.1
	300	18.2	16.1	24.8	26.1	27.9	16.1	15.6	17.0	16.4	19.2	14.7	14.9	14.4	14.9	16.2	13.9	13.1	20.4	32.3	39.0	22.9	18.7	15.6
	350	17.0	19.6	23.1	103.4	81.8	25.2	22.6	16.8	17.2	14.0	17.7	15.5	15.9	16.8	15.5	15.6	15.5	22.3	71.9	78.9	28.4	15.2	20.6
	400	16.5	14.0	20.5	43.9	32.8	18.1	17.9	18.3	16.1	15.7	15.8	13.3	15.2	14.8	16.0	16.6	15.3	21.7	55.9	49.1	20.0	14.5	20.0
	450	15.0	14.2	13.2	20.0	13.1	14.2	14.8	12.2	13.4	15.1	15.0	15.0	22.2	15.0	14.3	15.2	14.1	16.7	20.1	23.8	15.1	13.2	19.4
	500	16.8	15.2	14.2	16.5	16.2	14.8	14.0	14.6	16.0	15.0	19.5	16.1	15.5	19.1	14.9	16.2	14.5	13.1	14.2	12.1	13.9	18.6	16.9
	600	15.4	13.2	13.0	16.1	15.0	13.6	15.7	16.3	14.7	14.5	15.5	18.5	16.4	18.8	17.9	15.0	15.0	14.3	15.4	16.0	17.5	21.2	18.5
	700	13.9	12.2	12.4	13.8	13.3	13.5	14.1	14.0	15.2	17.0	16.6	16.9	13.0	21.1	16.6	16.0	18.1	14.6	18.5	15.8	15.1	15.9	19.8
	800	16.0	12.8	15.0	16.7	12.7	13.2	13.4	16.1	13.1	12.6	15.5	15.3	17.4	16.1	17.9	18.3	15.9	14.0	17.0	14.4	16.6	15.7	17.9
	850	16.7	11.6	15.4	16.4	17.6	16.2	17.4	19.8	16.4	24.6	16.0	19.5	28.2	20.2	17.2	18.9	20.8	15.6	25.9	15.6	13.7	14.0	17.2
900	15.1	13.4	21.0	21.8	15.8	15.2	14.3	13.1	15.5	12.8	13.5	16.5	12.3	15.6	15.3	14.5	19.0	12.8	13.8	15.4	15.5	14.9	15.1	
950	11.8	12.7	14.5	22.5	19.4	13.8	12.5	19.2	11.6	14.5	16.3	15.4	15.5	14.7	14.3	12.7	21.5	14.0	16.3	14.2	15.1	16.2	18.3	
1000	15.5	13.6	15.0	14.0	15.5	15.0	14.1	14.7	15.1	13.6	16.0	14.2	21.9	14.7	17.1	15.7	14.6	19.3	13.8	16.5	19.3	17.0	16.1	
1050	14.6	13.8	18.9	18.4	17.9	13.5	14.4	13.5	13.5	13.3	18.2	16.4	12.3	15.9	17.1	17.8	21.0	17.6	15.1	14.6	11.6	18.1	18.8	
1100	14.6	20.4	14.7	15.2	12.6	16.2	15.5	15.0	18.3	17.1	14.0	13.9	13.2	14.3	14.5	15.1	13.0	18.6	17.1	14.2	12.3	14.8	12.5	

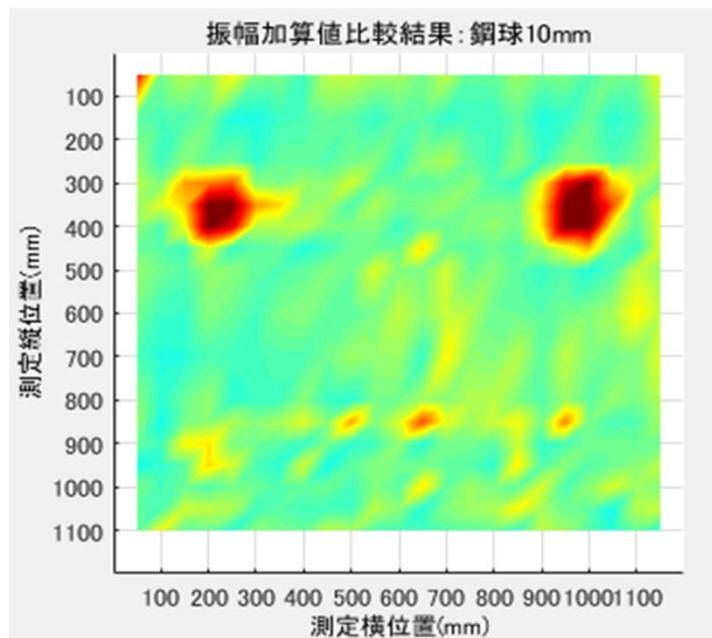


図3 各点の振幅加算値の測定結果

技術番号 BR020048

技術名 赤外線サーモグラフィカメラを用いた、定期点検支援技術 開発者名 株式会社 復建技術コンサルタント

試験日 令和6年 12月 4日 天候 晴れ 気温 13.1 °C 風速 2 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 うき 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

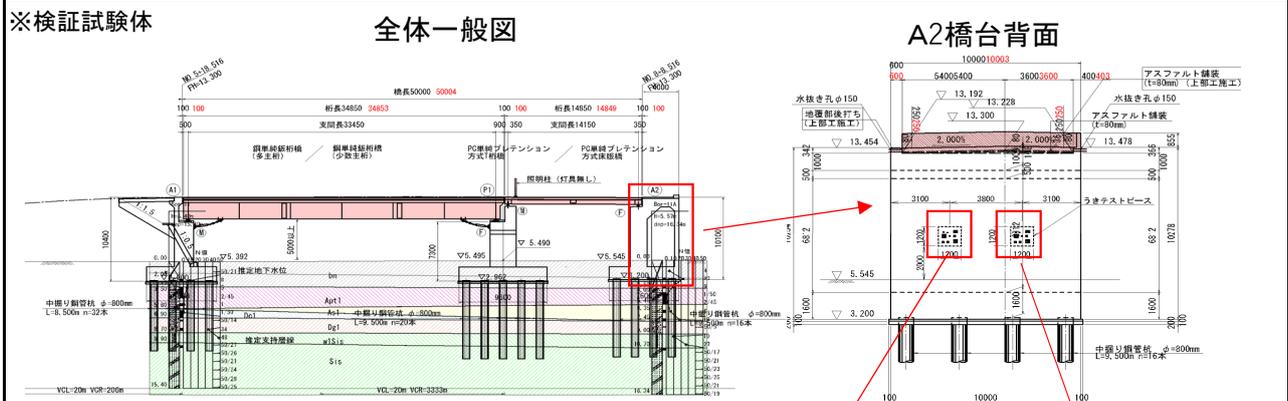


写真-1 A2橋台背面



写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1050mm

- ① 機器の搬入(赤外線カメラ(R550S))(写真-3)
- ② 機器の搬入(キャリブレーション用供試体(左)、気温・湿度計(右))(写真-4)
- ③ 赤外線カメラでD1を測定(写真-5)
- ④ 赤外線カメラでD2を測定(写真-6)
- ⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



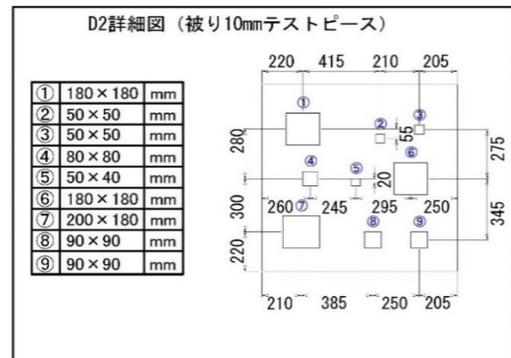
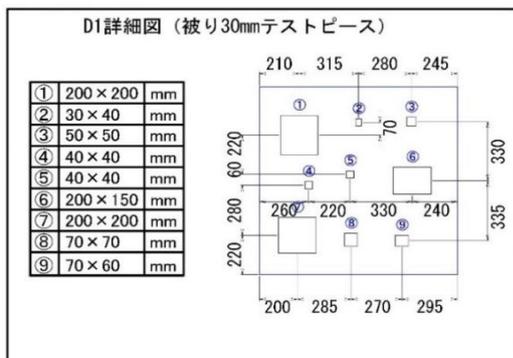
写真-5



写真-6

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※検証供試体



うきの総箇所数:18箇所

※計測結果

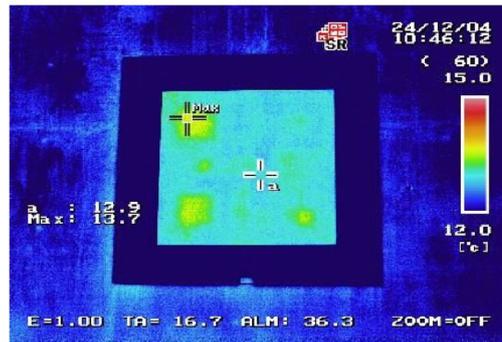
■カメラ名称:赤外線サーモグラフィカメラ

■被写体距離:5m ■気温:13.1°C ■照度:14.7~16.4 lux ■風速:0.0~2.0m/s

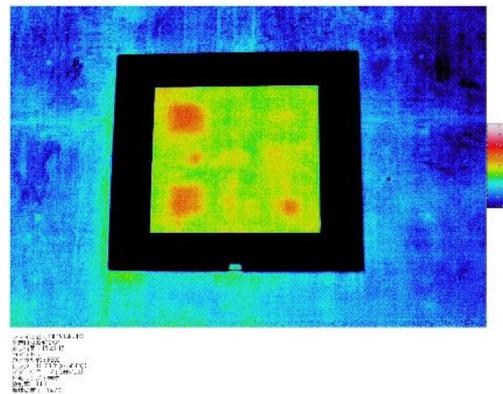
■焦点距離:- ■シャッター速度:30Hz ■絞り:- ■ISO値:-

■フォーカス:Auto ■画像Pixel数:1280(H)×960(V)

① D1



D1 熱画像



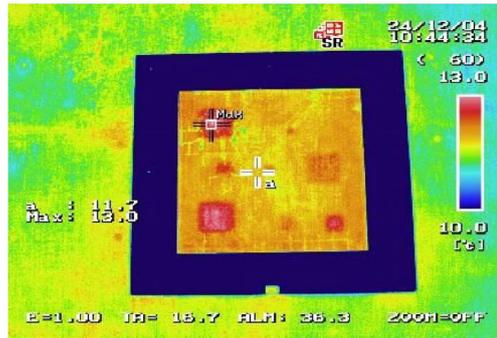
D1 解析画像



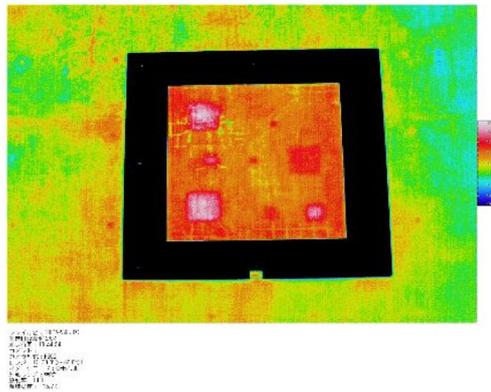
D1 可視画像

※計測結果

② D2



D2 熱画像

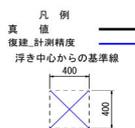


D2 解析画像



D2 可視画像

検出率 = 正解個数のうち技術で検出できた個数 / 打音異常の正解個数
 的中率 = 当該技術で検出した打音異常のうち正解個数 / 当該技術で検出した個数 (誤検出数含む)

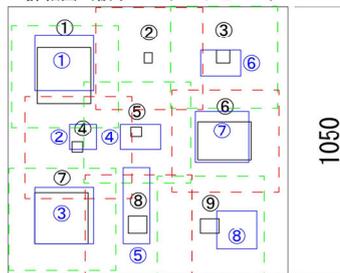


A2橋台-図番D 浮き合わせ図

復建_計測精度計測値

①	220 × 220	mm
②	100 × 100	mm
③	220 × 220	mm
④	150 × 100	mm
⑤	100 × 300	mm
⑥	150 × 100	mm
⑦	200 × 200	mm
⑧	150 × 150	mm

D1詳細図 (被り30mmテストピース)



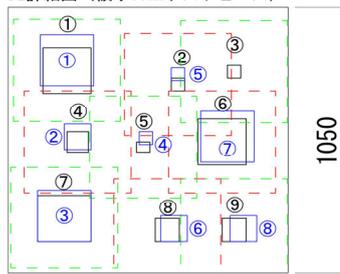
真 値

①	200 × 200	mm
②	30 × 40	mm
③	50 × 50	mm
④	40 × 40	mm
⑤	40 × 40	mm
⑥	200 × 150	mm
⑦	200 × 200	mm
⑧	70 × 70	mm
⑨	70 × 60	mm

復建_計測精度計測値

①	200 × 200	mm
②	100 × 100	mm
③	200 × 200	mm
④	50 × 50	mm
⑤	50 × 50	mm
⑥	100 × 100	mm
⑦	200 × 200	mm
⑧	100 × 100	mm

D2詳細図 (被り10mmテストピース)



真 値

①	180 × 180	mm
②	50 × 50	mm
③	50 × 50	mm
④	80 × 80	mm
⑤	50 × 40	mm
⑥	180 × 180	mm
⑦	200 × 180	mm
⑧	90 × 90	mm
⑨	90 × 90	mm

D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1				未検出
③	1	⑥	1	1	
④	1	②	1	1	
⑤	1	④	1	1	
⑥	1	⑦	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑤	1	1	
⑨	1	⑧	1	1	
計	9	8	8	8	
D2					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	⑤	1	1	
③	1				未検出
④	1	②	1	1	
⑤	1	④	1	1	
⑥	1	⑦	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑥	1	1	
⑨	1	⑧	1	1	
計	9	8	8	8	

検出率 = 16箇所 / 18箇所 = 0.89

的中率 = 16箇所 / 16箇所 = 1.00

技術番号 BR020048

技術名 赤外線サーモグラフィカメラを用いた、定期点検支援技術

開発者名 株式会社 復建技術コンサルタント

試験日 令和6年 12月 4日

天候 晴れ

気温 13.1 °C

風速 2 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 うき

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

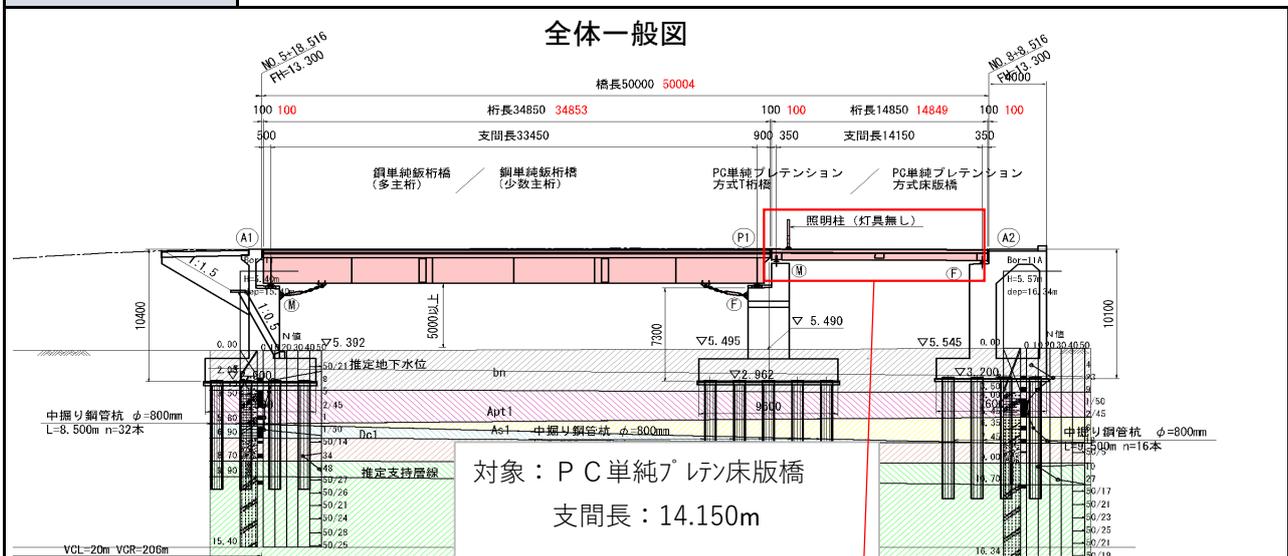


写真-1 全体写真

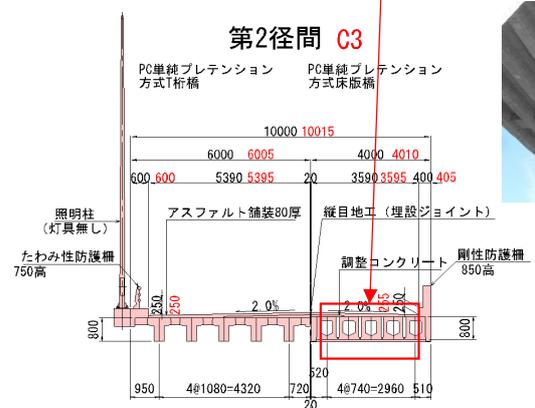


写真-2

対象径間: 第2径間 計測対象部材: 高欄(剛性防護柵)、床版橋下面

- ① 機器の搬入(赤外線カメラ(R550S))(写真-3)
- ② モニターで測定結果を確認((写真-4)
- ③ 赤外線カメラを手持ちしLPC橋下面を測定(写真-5)
- ④ 赤外線カメラを手持ちしLPC橋下面を測定(写真-6)
- ⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

※計測結果

① 第2径間壁高欄

■カメラ名称: 赤外線サーモグラフィカメラ

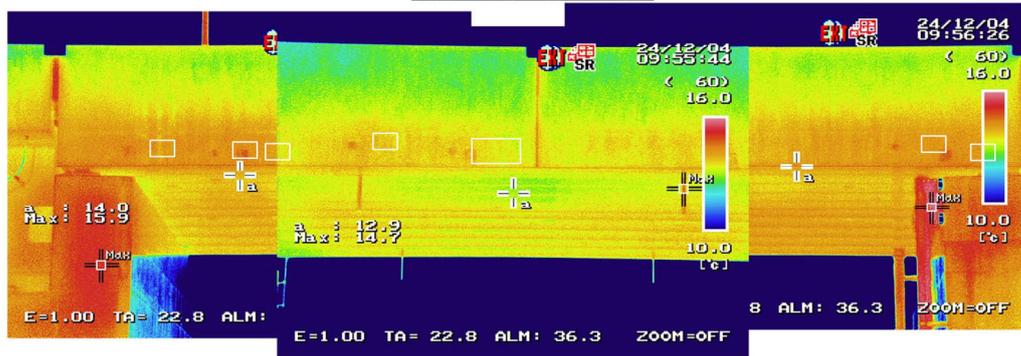
■被写体距離: 10m ■気温: 13.1°C ■照度: 14.7~16.4 lux ■風速: 0.0~2.0m/s

■焦点距離: - ■シャッター速度: 30Hz ■絞り: - ■ISO値: -

■フォーカス: Auto ■画像Pixel数: 1280(H)×960(V)

損傷図(桁側面/地覆)

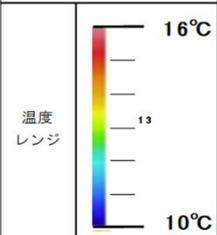
損傷図1(赤外線 熱画像)



損傷図2(可視画像)



凡例



判定方法
温度レンジ差
±1°Cある箇所を
うきの可能性あり
と判定

計測時
天気 曇り

計測時
外気温 14.5°C

② 第2径間PC桁(ホロースラブ)

■カメラ名称: 赤外線サーモグラフィカメラ

■被写体距離: 8.3m ■気温: 13.1°C ■照度: 14.7~16.4 lux ■風速: 0.0~2.0m/s

■焦点距離: - ■シャッター速度: 30Hz ■絞り: - ■ISO値: -

■フォーカス: Auto ■画像Pixel数: 1280(H)×960(V)



写真番号	1	撮影年月日	2024.12.04	写真番号	2	撮影年月日	2024.12.04	写真番号	3	撮影年月日	2024.12.04
部材名	主桁	要素番号	A部	部材名	主桁	要素番号	A部	部材名	主桁	要素番号	B部
損傷の種類	うき	損傷程度	a	損傷の種類	-	損傷程度	-	損傷の種類	うき	損傷程度	a
損傷写真	<p>24/12/04 09:29:05 SR 赤外線(熱)画像 A部: 13.1 E-1.00 TA= 13.1 ALH: 36.3 ZOOM-OFF 温度差1階層差あり(1.5°C程度)</p>			<p>後処理部と判定(うきの疑いあり)</p>			<p>24/12/04 09:31:26 SR 赤外線(熱)画像 A部: 13.6 E-1.00 TA= 13.1 ALH: 36.3 ZOOM-OFF 温度差1階層差あり(1.5°C程度)</p>				
	<p>前回損傷程度: - ×E 可視画像 写真上がHG5、写真下がHG1</p>			<p>前回損傷程度: - ×E 可視画像 後処理部と判定(うきの疑いあり)</p>			<p>前回損傷程度: - ×E 可視画像 写真上がHG5、写真下がHG1</p>				
写真番号	4	撮影年月日	2024.12.04	写真番号	5	撮影年月日	2024.12.04	写真番号	6	撮影年月日	2024.12.04
部材名	主桁	要素番号	B部	部材名	主桁	要素番号	C部	部材名	主桁	要素番号	C部
損傷の種類		損傷程度		損傷の種類	うき	損傷程度	a	損傷の種類		損傷程度	
損傷写真	<p>後処理部と判定(うきの疑いあり)</p>			<p>24/12/04 09:32:46 SR 赤外線(熱)画像 A部: 13.3 E-1.00 TA= 13.1 ALH: 36.3 ZOOM-OFF 温度差1階層差あり(1.5°C程度)</p>			<p>後処理部と判定(うきの疑いあり)</p>				
	<p>前回損傷程度: - ×E 可視画像 後処理部と判定(うきの疑いあり)</p>			<p>前回損傷程度: a ×E 可視画像 写真上がHG5、写真下がHG1</p>			<p>前回損傷程度: - ×E 可視画像 後処理部と判定(うきの疑いあり)</p>				

技術番号 BR020048

技術名 赤外線サーモグラフィカメラを用いた、定期点検支援技術 開発者名 株式会社 復建技術コンサルタント

試験日 令和6年 9 月 4 日 天候 晴れ 気温 27.3 °C 風速 - m/s

試験場所 実橋(大阪府内) 構造物名 歩道橋

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 表面保護工の損傷 漏水・遊離石灰 試験区分 -

試験で確認する
カタログ項目 計測精度(性能値)

対象構造物の概要

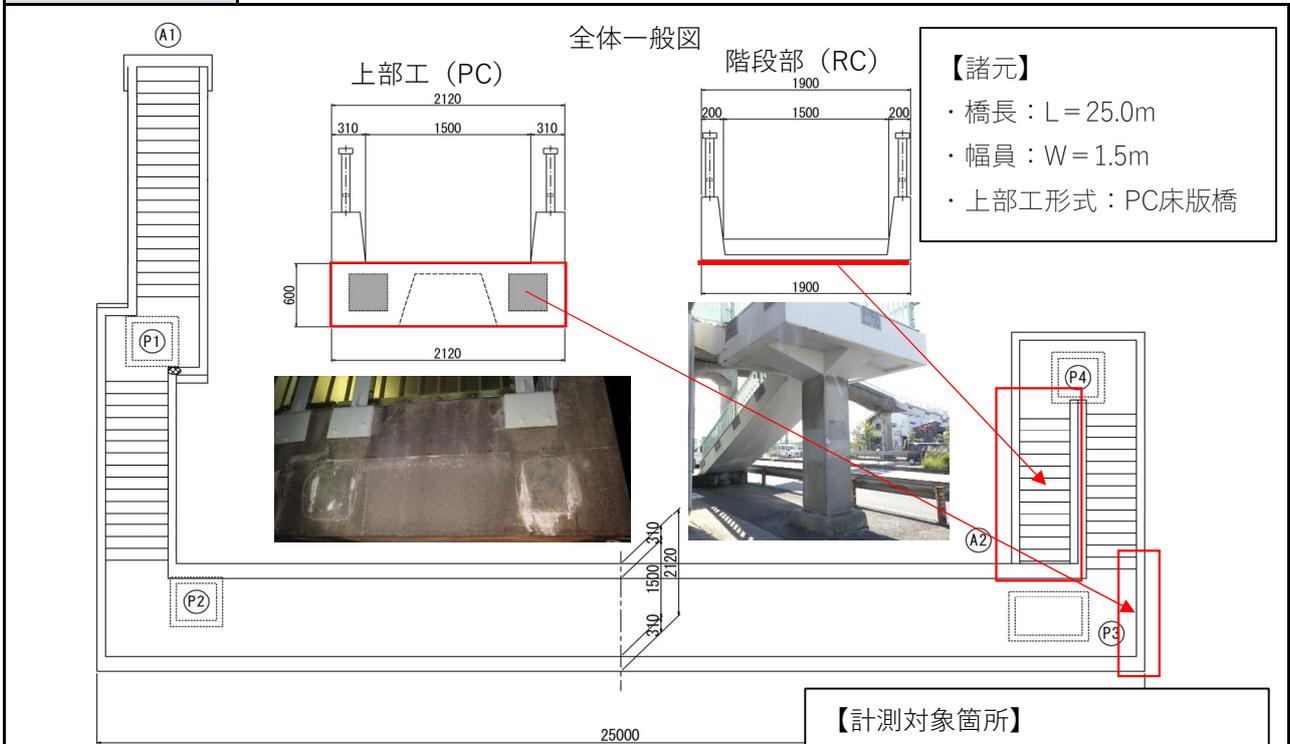


写真-1 全体写真

- ① 計測機械の準備(写真-1)
- ② 赤外線サーモグラフィカメラによる撮影(写真-2)
- ③ データ取り出し、確認(写真-3)
- ④ 撮影画像の解析(写真-4)

開発者による計測機器の設置状況



外気温測定



レンズ選定・校正



計測レンジ決定



写真-2

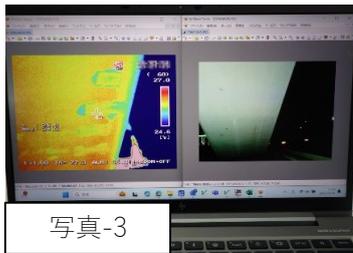


写真-3

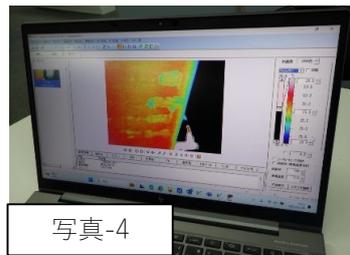


写真-4

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

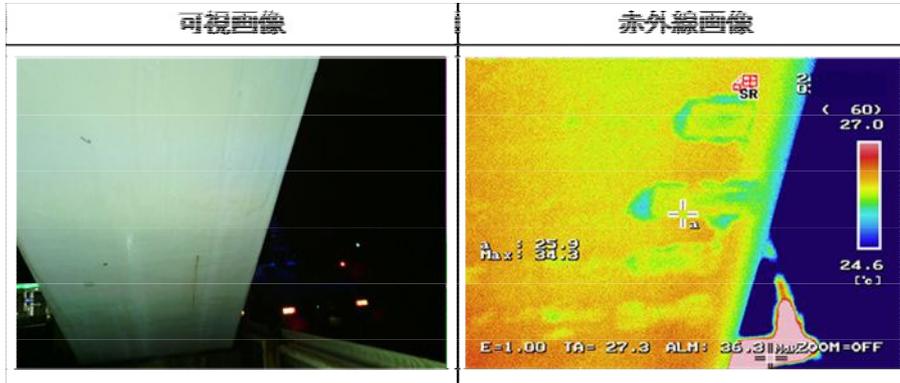


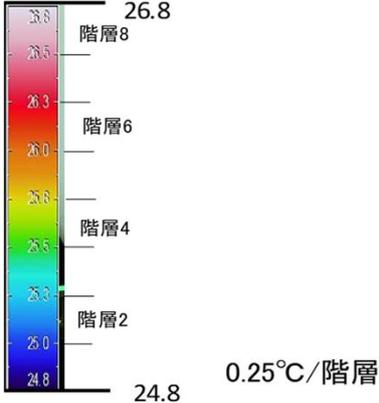
写真-5

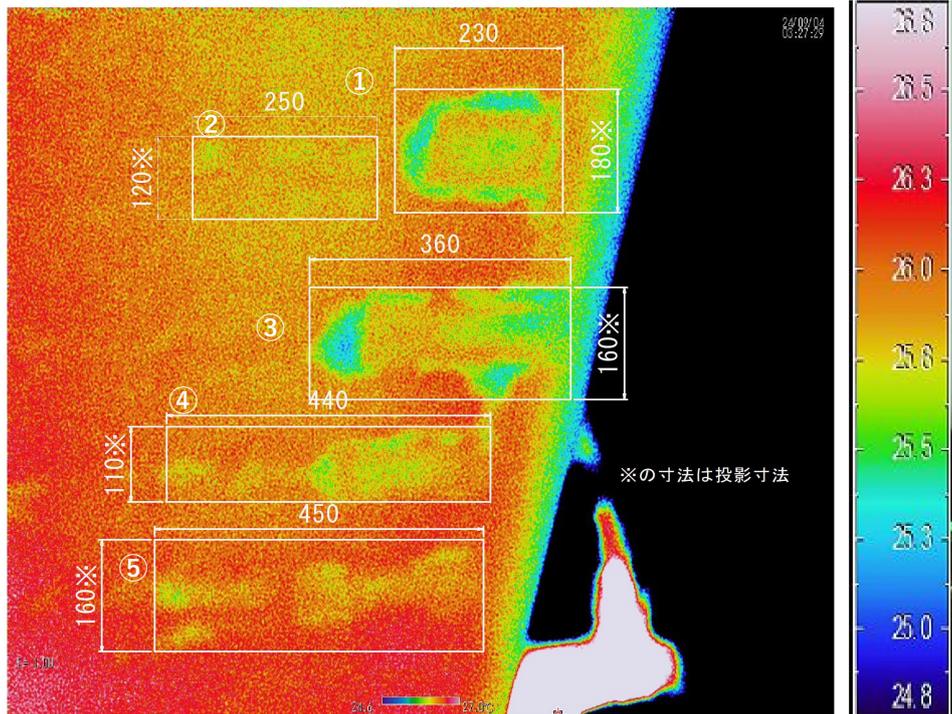
・生値は、近接目視および、直接、打音検査により確認
近接目視および、打音検査

◆表面保護工(剥落防止工/シート系)のうき

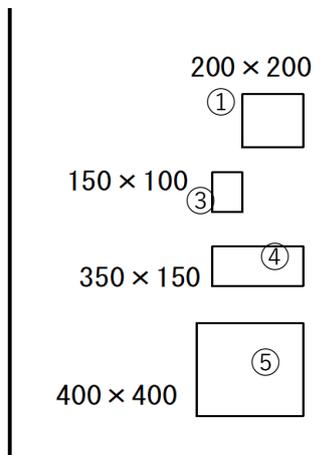
(1)赤外線サーモグラフィカメラによる計測結果



対象箇所	表面保護工(剥落防止シート)が貼付けられた、 コンクリート床版橋の下面
計測レンズ	普通レンズ
計測距離	2m
温度レンジ	 <p>0.25°C/階層</p>
判定方法	温度レンジ差 2階層 (±0.5°C) 以上を、 うきの可能性ありと判定
測定時天候	晴れ
計測時刻	午前0時～4時
測定時外気温	27.3°C



(2) 打音検査による計測結果(生値)



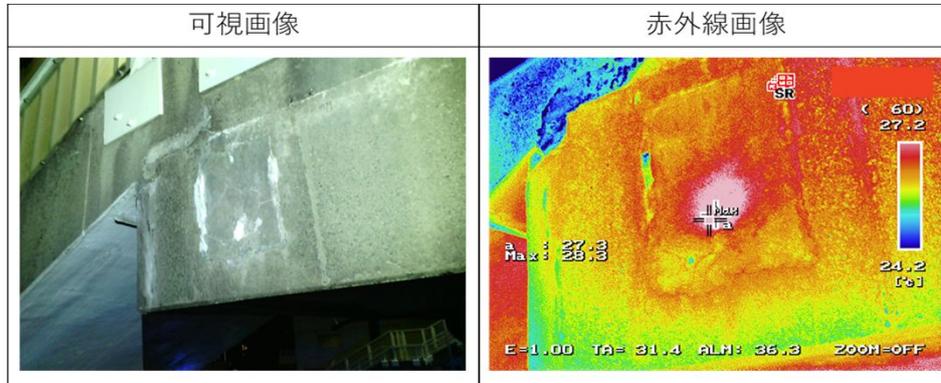
損傷番号	①	②	③	④	⑤
打音値	200×200	確認できず	150×100	150×350	400×400
(3)計測精度	180×230	120×250	160×360	110×440	160×450
打音値に対する計測値の面積割合(%)	103.5	-	384	92.2	45

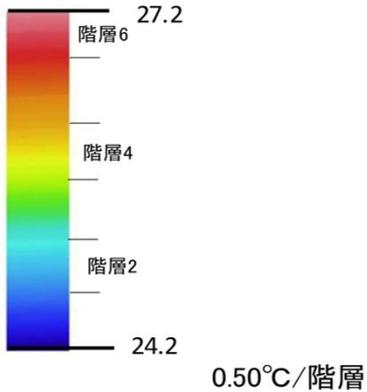
※計測値の高さは投影寸法である

- ・ 打音検査では、うきが4箇所確認できたのに対して、非破壊検査では5箇所検出された。
- ・ 打音検査等では点検員の技量に左右される場合があるのに対して、非破壊検査では、点検員の技量に左右されない。

◆漏水・遊離石灰、定着部の異常

(1) 赤外線サーモグラフィカメラによる計測結果



対象箇所	PC床版橋のPC定着部
計測レンズ	普通レンズ
計測距離	2m
温度レンジ	
判定方法	温度レンジ差 2階層 (±1.0°C以上) を漏水の可能性ありと判定
測定時天候	晴れ
計測時刻	午前0時～4時
測定時外気温	27.3°C

(2) 目視による計測結果(生値)



(3) 計測精度

損傷項目	遊離石灰	漏水
目視点検	有	確認できず
計測値(可視画像)	有	確認できず
計測値(赤外線画像)	-	有

- ・目視点検では、遊離石灰の有・無のみ確認可能であるが、非破壊検査では、漏水の有・無も確認可能である。